

WY
SO
AY

Πτυχιακή Εργασία

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ



Κουζίδης Αθανάσιος Α.Μ. 33242

Επιβλέπον καθηγητής
Κωνσταντίνος Αλαφοδήμος

ΑΙΓΑΛΕΩ ΙΟΥΝΙΟΣ 2012

Πτυχιακή Εργασία

**ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΗΣ
ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Κουζίδης Αθανάσιος Α.Μ. 33242

Επιβλέπον καθηγητής
Κωνσταντίνος Αλαφοδήμος

ΑΙΓΑΛΕΩ ΙΟΥΝΙΟΣ 2012

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για την συμβολή τους στην υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας τις Γιώταμαρία, Ελένη, Βασιλική και Αφροδίτη.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	5
1.1 Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση.....	5
1.2 Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση.....	7
1.3 Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση.....	8
1.4 Ford Model T.....	10
1.5 Η γέννηση της γραμμής παραγωγής.....	12
1.6 Η Εταιρεία Ford Motor's (1908-1913).....	14
2. Βιομηχανία.....	16
2.1 Ορισμός της Βιομηχανίας.....	16
2.2 Βαριά βιομηχανία.....	17
2.2.1 Ο ορισμός της βαριάς βιομηχανίας.....	17
2.2.2 Υδραυλικά Συστήματα.....	18
2.2.3 Εργαλειομηχανές CNC.....	30
2.3 Ορισμός της ελαφριάς Βιομηχανίας.....	36
2.3.1 Πνευματικά Συστήματα.....	36
2.3.2 Ηλεκτρικοί Κινητήρες.....	43
2.3.3 Ρομπότ.....	51
2.4 Αυτοματοποιημένη παραγωγή.....	60
2.4.1 Εισαγωγή συστημάτων αυτοματισμού στην βιομηχανία.....	60
2.4.2 Αυτοματοποίηση Γραμμής Παραγωγής.....	62
2.4.3 Συστήματα DCS.....	63
2.4.5 PLC.....	67
2.4.6 SCADA.....	77
2.4.7 Βιομηχανικά δίκτυα.....	81
3. Automation Studio.....	83
3.1 Εισαγωγή στο Automation.....	83
3.2 Παράδειγμα αυτοματοποιημένης γραμμής.....	85
3.3 Εξομοίωση γραμμής παραγωγής μέσω του Automation Studio.....	94
Παράρτημα.....	96
A. Βιβλιογραφία.....	96
B. Automation Studio.....	98

1. Εισαγωγή

Η βιομηχανική επανάσταση ήταν αυτή που έκανε επιτακτική την ανάγκη για την δημιουργία και την εξέλιξη της γραμμής παραγωγής, καθώς οι αυξανόμενες ανάγκες ώθησαν αρχικά στην χρήση του ατμού και την εφεύρεση αρκετών μηχανημάτων, τα οποία είχαν ως στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας και τη μείωση του κόστους παραγωγής μέσω της αντικατάστασης του ανθρώπινου δυναμικού από μηχανές. Με τον όρο γραμμή παραγωγής, εννοούμε ένα σύνολο διαδοχικών πράξεων, όπου τα υλικά επεξεργάζονται μέσω μιας καθορισμένης διαδικασίας, για την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Η πρώτη γνώστη γραμμή παραγωγής εμφανίστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1780 από τον Oliver Evans για την διαδικασία άλεσης του αλευριού. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα τέθηκε σε εφαρμογή και η ιδέα της γραμμής συναρμολόγησης, η οποία είχε εισαχθεί από τον Eli Whitney. Επακόλουθο αυτού ήταν και η εισαγωγή της τυποποίησης στην παραγωγική διαδικασία. Την εξέλιξη της παραπάνω ιδέας την εισήγαγε ο Henry Ford στην Ford Motor Company το 1913, όπου η γραμμή συναρμολόγησης πλέον δεν ήταν στατική αλλά κινούμενη(βλέπε {1}).

1.1 Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση (1760-1850)

Ο όρος βιομηχανική επανάσταση καθιερώθηκε από τον Άγγλο ιστορικό Arnold Toynbee, ο οποίος ήθελε να περιγράψει την οικονομική ανάπτυξη της Αγγλίας, τη χρονική περίοδο μεταξύ 1760 και 1840, η οποία είναι ένα σύμπλεγμα κοινωνικών, οικονομικών και πολιτισμικών αλλαγών που δημιουργήθηκαν μέσα από την ανάδυση του εργοστασιακού συστήματος και του σύγχρονου τεχνικού πολιτισμού. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη μετάβαση από τη χειροτεχνική στη μηχανική παραγωγή. Πέρασε μέσα μία στάσιμη οικονομία σε μία κατά κυριο λόγο αγροτική κοινωνία, η οποία βασίζεται στην παράδοση και στη ρουτίνα και η πλειοψηφία του πληθυσμού ζει στην ύπαιθρο, σε μια δυναμική οικονομία, όπου δημιουργήθηκε μέσα από μια βιομηχανική κοινωνία, της οποίας το μεγαλύτερο τμήμα του εθνικού εισοδήματος βασίζεται στη βιομηχανία που υπόκειται σε διαρκή μεταβολή λόγω της αυξανόμενης τεχνικής προόδου και τον αυξανόμενο πληθυσμό που εμπλέκεται σε αυτή και ζει στις πόλεις.

Η βιομηχανική επανάσταση εμπεριέχει πολλές διαδικασίες, όπως η συγκέντρωση κεφαλαίων που προέρχονται με τη διάνθηση του εμπορίου, η ανάπτυξη της γεωργικής παραγωγής και η δημογραφική αύξηση. Συνίσταται κατ' αρχάς στις τεχνικές καινοτομίες που απορρέουν από την εφεύρεση όλο και περισσότερο αποδοτικών μηχανών που λειτουργούν με τη χρήση του ατμού ως κύρια πηγή ενέργειας. Εξαιτίας της μηχανοποίησης πολλών χειρωνακτικών εργασιών, δημιουργείται ένα νέο εξελιγμένο σύστημα παραγωγής που αντικαθιστά την παραδοσιακή εργασία, που

λαμβάνει μέρος κυρίως μέσα στην οικογενειακή εστία, με την απασχόληση εργατών συγκεντρωμένων σε εργοστάσια.

Παρατηρούμε ότι καθ' όλη την διάρκεια του 18^{ου} αιώνα, ένας πραγματικός αγώνας δρόμου λαμβάνει χώρα στην κλωστοϋφαντουργία της Μεγάλης Βρετανίας, ανάμεσα στους κλωστουργούς και τους υφαντουργούς, οροθετούμενος από πολλές και συμπληρωματικές εφευρέσεις που φέρνουν τον τομέα αιχμής στην εποχή της εκμηχάνισης και αυξάνουν σημαντικά την παραγωγική του ικανότητα. Πιο συγκεκριμένα, το 1773 ο υφαντής Τζων Κέυ εφευρίσκει την ιπτάμενη υφαντουργική σαίτα, η οποία επιτρέπει την παραγωγή περισσότερων και μεγαλύτερων κομματιών. Επίσης το 1764 ο υφαντής Τζέιμς Χάργκρεϊβς τελειοποιεί την spinning Jenny, ροδάκι που επιτρέπει το ταυτόχρονο κλώσιμο πολλών νημάτων, η κίνηση του οποίου βελτιώθηκε το 1767-1770 από τους Τόμας Χάιζ και Ρίτσαρντ Άρκραϊτ με την επινόηση του water frame. Το 1779, ο Κρόμπτον συνδυάζει τις δύο αυτές εφευρέσεις και παρουσιάζει την mule Jenny. Ίσως η πιο σημαντική εφεύρεση σε αυτό τον τομέα, είναι η υφαντική μηχανή του κληρικού Έντουαρντ Κάρτραϊτ, που δημιουργήθηκε το έτος 1785 και χρήση της γενικεύτηκε στο τέλος του αιώνα(βλέπε {2}).

Για να μπορέσουν να κινηθούν οι όλο και πιο ισχυρές μηχανές, όπως οι μηχανές επεξεργασίας μετάλλων που έχουν αναμορφώσει τον τρόπο επεξεργασίας αυτών (μηχανικές πρέσες ικανές να σφυρηλατήσουν μεγάλα τεμάχια, πρώτες εργαλειομηχανές) οι παλιές πηγές ενέργειας, ζωικής, αιολικής ή υδραυλικής μορφής, αποδεικνύονται ανεπαρκείς. Έχοντας εφευρεθεί από τον Σκωτσέζο Τζέιμς Βατ το 1769 και με πολλές βελτιώσεις στη συνέχεια, η ατμομηχανή, που θερμαίνεται με κάρβουνο, επιτρέπει την τροφοδότηση των καινούριων μηχανικών κινητήρων με μεγαλύτερη και σταθερότερη ποσότητα ενέργειας. Το 1785 ιδρύεται στο Νότινχαμ το πρώτο κλωστήριο που λειτουργεί με ατμό και στα ορυχεία πλέον χρησιμοποιούνται ατμοκίνητες αντλίες για την άντληση του νερού.

Στον τομέα της σιδηρουργίας, το 1717 ο Άμπραμ Ντάρμπυ, ιδρυτής μιας δυναστείας περίφημων σιδηρουργών στο Κόουλμπρουκτέηλ, βελτιώνει την παραγωγή της τήξης με μίγματα κοκ, τύρφης και καρβονόσκονης, χρησιμοποιώντας ισχυρό φουσητήρα. Το 1735 με την τεχνική αυτή, επιτυγχάνεται η τήξη του σιδήρου με κοκ που γενικεύεται στην Αγγλία το 1760.

Η πρώτη βιομηχανική επανάσταση όμως, δεν περιορίστηκε μόνο στην Αγγλία αλλά απλώθηκε γρήγορα στην υπόλοιπη Ευρώπη όπως και στην Αμερική. Ο Oliver Evans περί το 1780 στις Ηνωμένες Πολιτείες συνέδεσε τα στάδια της διαδικασίας άλεσης του αλευριού και έτσι διαμόρφωσε την πρώτη γραμμή παραγωγής, όπου η έξοδος της μιας διαδικασίας είναι η τροφοδοσία τις επόμενης. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε το 1801 για πρώτη φορά το σύστημα ομοιομορφίας, κατά το οποίο τα ξεχωριστά εξαρτήματα του προϊόντος παράγονται μαζικά με σφιχτές ανοχές, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε τελικό προϊόν. Εφευρέτης της ήταν ο Eli Whitney, ο οποίος ανέλαβε την κατασκευή 10.000 μουσκέτων για την Αμερικανική

κυβέρνηση. Η εφαρμογή της είχε σαν αποτέλεσμα να οδηγήσει στην τυποποίηση κατά την παραγωγή, διότι μέχρι τότε το κάθε εξάρτημα κατασκευάζονταν και προσαρμόζονταν ξεχωριστά για το κάθε προϊόν. Τέλος, τον 18^ο αιώνα στην Ελλάδα παρατηρήθηκε μια ανάπτυξη τις βιομηχανίας και ιδιαίτερα τις κλωστοϋφαντουργικής βιοτεχνίας, η οποία όμως διακόπηκε απότομα το 1821 κατά την ελληνική επανάσταση. Μετά την λήξη του πολέμου η Ελλάδα βρισκόταν σε τόσο δύσκολη οικονομική κατάσταση όπου σχεδόν σταμάτησε η παραγωγή στις εγχώριες βιοτεχνίες(βλέπε {1}).

Οι ριζικοί μετασχηματισμοί που σημειώνονται στην διάρκεια του πρώτου μισού του 19^{ου} αιώνα, ως συνέπεια των τεχνολογικών ανακαλύψεων, θα σφραγίσουν τον κόσμο μέχρι σήμερα. Ένα φαινόμενο που θα προσδιορίσει περισσότερο από κάθε άλλο τη νεώτερη ιστορία και έχει χαρακτηριστεί ως βιομηχανική επανάσταση.

1.2 Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση (1850-1914)

Η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση πραγματοποιήθηκε μεταξύ 1850 και του 1914. Το πρόβλημα τις πρώτης βιομηχανικής επανάστασης ήταν ότι δεν μπορούσε να γίνει μαζική διανομή προϊόντων. Αυτό λύθηκε με μεγάλες και καινοτόμες αλλαγές στον τομέα των μεταφορών και τις επικοινωνίας. Κάποιες από αυτές είναι η εφεύρεση του σιδηροδρόμου, των ατμόπλοιων αλλά και του τηλεγράφου.

Η εκβιομηχάνιση της Ευρώπης επιταχύνεται και εξαπλώνεται σε νέες περιοχές της Ηπείρου. Η βιομηχανική παραγωγή που αυξάνει ετησίως κατά 3-4 %, επταπλασιάζεται στην περίοδο αυτή, αν και στο τέλος η βαρύτητα τα της σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο περιορίζεται (62% της παγκόσμιας παραγωγής το 1870, 44% το 1913). Η εκπληκτική αυτή αύξηση οφείλεται στις αδιάκοπες προόδους που πραγματοποίησαν οι βιομηχανίες-κλειδιά κατά το πρώτο ήμισυ του αιώνα και συγχρόνως στην ανάπτυξη των νέων μορφών ενέργειας και βιομηχανίας.

Η σιδηρουργία πραγματοποιεί τεράστιο άλμα με την τελειοποίηση των μεθόδων που επιτρέπουν την μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα (χοάνη μετατροπής Μπέσεμερ το 1856, φούρνος Μαρτέν-Ζίμενς το 1864) και με τον τονικό ρόλο που παίζουν οι βιομηχανίες σιδηροδρομικού υλικού, οι ναυτικές κατασκευές και η αρχιτεκτονική μεταλλικών σκελετών.

Τέλος ο άνθρακας, κύρια πηγή ενέργειας με τη μεσολάβηση της μηχανής, παραμένει η βάση της οικονομικής ισχύος της Ευρώπης. «Ο γαιάνθρακας (έλεγε ο Φρήντριχ Ζίμενς) είναι το μέτρο των πάντων» και πράγματι επιτρέπει, μαζί με το χάλυβα, μια αξιόπιστη ιεράρχηση των βιομηχανικών δυνάμεων.

Ο ηλεκτρισμός συνιστά ίσως την κυριότερη καινοτομία του δεύτερου μισού του αιώνα, τόσο ως πηγή ενέργειας για την τροφοδότηση των κινητήρων όσο και ως τρόπος φωτισμού, που αντικαθιστά σύντομα το φωταέριο και τις λάμπες πετρελαίου.

Ο Βέλγος Γκραμ τελειοποίησε το πρώτο δυναμό. Επίσης, οι Γάλλοι Μπερζέ και Ντεπρέ εφηύραν μεθόδους δέσμευσης της ενέργειας της ροής των υδάτων και μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος που παραγόταν απ' αυτήν σε μεγάλες αποστάσεις.

Από το 1890 παρατηρείται μία πραγματική έκρηξη της γερμανικής βιομηχανίας στον τομέα των μηχανικών κατασκευών, της χημείας και της ηλεκτρικής βιομηχανίας, ανεβάζοντας έτσι τη Γερμανία στην πρώτη θέση ανάμεσα στις ευρωπαϊκές δυνάμεις.

Τέλος, στην καμπή του αιώνα, η γαλλική βιομηχανία φαίνεται να βρίσκει νέα πνοή με την ανάπτυξη του υδροηλεκτρισμού, την εγκατάσταση μιας σύγχρονης μεταλλουργίας (ειδικοί χάλυβες, αλουμίνιο) και την άνθιση νέων κλάδων όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η αεροναυπηγική, οι μηχανικές κατασκευές και ο κινηματογράφος, οι πρόοδοι των οποίων μαρτυρούν την προσαρμογή της στα δεδομένα της δεύτερης βιομηχανικής επανάστασης, καθιστώντας την ως μεσαία δύναμη ανάμεσα στους δύο μεγάλους πόλους της βιομηχανικής Ευρώπης: τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Σε όλη αυτή την περίοδο η Αμερική έπαιξε τον κύριο λόγο έχοντας στο σύνολο τις περισσότερες επιχειρήσεις από ότι το σύνολο όλου του υπόλοιπου κόσμου.

Το 1890 δημιουργείται το πρώτο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στο Κολοράντο. Η αξιοποίηση του ηλεκτρισμού για την παραγωγή ενέργειας άλλαξε τη μορφή της βιομηχανίας. Με αυτή την εφεύρεση εμπλουτίζεται η βιομηχανική παράγωγη με νέες δυνατότητες.

Η Ελλάδα εκείνη την περίοδο διέθετε 89 ατμοκίνητα εργοστάσια συνολικής κινητήριας δύναμης 1897 ίππων που απασχολούσαν συνολικά 7.340 εργάτες. Αυτά ήταν κυρίως εργοστάσια οινοποιίας, ναυπηγεία, αλευρόμυλοι, κλωστοϋφαντουργία καθώς και μεταξουργία.

Μαζί με την αλλαγή στις μετακινήσεις όπου αναπτύχθηκε ο σιδηρόδρομος και το ατμόπλοιο άρχισε να κατασκευάζεται και το αυτοκίνητο. Αυτό οφείλεται στην εφεύρεση της μηχανής εσωτερικής καύσης το 1860.

Με τις νέες αυτές δυνατότητες και εφευρέσεις καινούρια προϊόντα αρχίζουν να εμφανίζονται στην αγορά. Κάποια από αυτά είναι το ελαστικό, το ποδήλατο αλλά και το τηλέφωνο. Σε διάστημα ενός περίπου αιώνα ο κόσμος έζησε μια αλματώδη πρόοδο στον τομέα της τεχνολογίας, η οποία δεν είχε επιτευχθεί ολόκληρους αιώνες πριν. Η εξέλιξη αυτή έχει ως αποτέλεσμα την μετάβαση σε μία νέα εποχή (βλέπε {1}).

1.3 Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση (1950-1970).

Μετά την καταστροφική αφαίμαξη των χρόνων του πολέμου, τα χρόνια που ακολουθούν την αποκατάσταση της ειρήνης αφιερώνονται στην ανοικοδόμηση. Μια

ανοικοδόμηση που αποδείχτηκε πολύ ταχύτερη από κάθε πρόβλεψη, παρ'όλο που οι απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και υλικά εφόδια ήταν τεράστιες. Όμως, η μετατροπή των πολεμικών βιομηχανιών υπήρξε ευκολότερη απ'ότι προβλεπόταν, χάρη στον παραγωγικό πυρετό της βιομηχανίας.

Πιο συγκεκριμένα, τα εκπληκτικά τεχνικά επιτεύγματα, συχνά απλές εφαρμογές των εφευρέσεων που αξιοποιήθηκαν κατά τον πόλεμο για στρατιωτικούς σκοπούς, επέτρεψαν την κατακόρυφη ανάπτυξη της παραγωγικότητας, με αποτέλεσμα η παραγωγή να αυξάνει ταχύτερα από τον αριθμό των εργαζομένων. Φυσικά οι ΗΠΑ διατηρούν σημαντικό προβάδισμα στον τομέα της εφαρμοσμένης έρευνας και των ευρεσιτεχνιών, αλλά η εξάπλωση των αμερικανικών επενδύσεων στην Ευρώπη ωφελεί την τελευταία χάρη στη σημαντικότερη μεταφορά τεχνολογίας από τις θυγατρικές των πολυεθνικών επιχειρήσεων. Η γενική ευμάρεια λοιπόν, εξασφαλίζει σημαντικές αποδόσεις στις επιχειρήσεις.

Όσον αφορά τον βιομηχανικό τομέα, οι κλάδοι που απευθύνονται στην οικιακή κατανάλωση (είδη διατροφής, ηλεκτρικός εξοπλισμός και αυτοκίνητα) θα σύρουν πρώτοι το χορό της ανάπτυξης, παρασύροντας στον ρυθμό τους την ενέργεια, τον μηχανολογικό εξοπλισμό και τη σιδηρουργία. Επίσης, η χημική βιομηχανία ακολουθεί πορεία ριζικής ανανέωσης και πολλαπλασιάζει σημαντικά τις επενδυτικές ευκαιρίες, διευρύνοντας σταθερά την ποικιλία των προϊόντων που προωθούνται στην κατανάλωση.

Τέλος, μετά το 1960, ο μεγαλύτερος δυναμισμός εκδηλώνεται στις βιομηχανίες αιχμής (πυρηνική, αεροδιαστημική και ηλεκτρονική βιομηχανία), που ευνοούνται από τις κρατικές παραγγελίες όπλων (το κράτος θα χρηματοδοτήσει και μέρος της έρευνας) και εφαρμόζουν την πιο προωθημένη τεχνολογία. Συνιστούν την «αιχμή του δόρατος» της ανάπτυξης, τόσο από την άποψη της εξέλιξης όσο και των επιπτώσεών τους, δηλαδή των εφαρμογών τους σε άλλους κλάδους βιομηχανικής δραστηριότητας. Ωστόσο οι νέες οικονομικές δραστηριότητες ανατρέπουν την ισορροπία που διαμορφώθηκε με τη δεύτερη βιομηχανική επανάσταση, παραγκωνίζοντας παλαιότερους κλάδους (υφαντουργία, σιδηρουργία, ναυπηγική) που δυσκολεύονται πολύ να εκσυγχρονιστούν.

Μετά λοιπόν από μία περίοδο αβεβαιότητας, όπου κρίσεις και περίοδοι ηρεμίας διαδέχονται η μία την άλλη, ο κόσμος γνωρίζει από το 1963 μια σχετική εξομάλυνση που θα διαρκέσει δώδεκα ολόκληρα χρόνια και θα ωφελήσει κυρίως την Ευρώπη. Η αισθητή βελτίωση των διεθνών σχέσεων συμπίπτει με το απόγειο μιας περιόδου οικονομικής ανάπτυξης που ξεκίνησε την επομένη του πολέμου και που θα χαρακτηριστεί ως «χρυσή τριακονταετία» (βλέπε {3}).

1.4 Ford Model T

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, το αυτοκίνητο ήταν ένα παιχνίδι μόνο για τους πλούσιους. Τα περισσότερα μοντέλα που κυκλοφορούσαν ήταν περίπλοκες μηχανές οι οποίες απαιτούσαν να είσαι εξοικειωμένος με την θερμοδυναμική αλλά και να κατέχεις γνώσεις μηχανολογίας ώστε να καταφέρεις να το οδηγήσεις. Τότε ήταν που ο Henry Ford αποφάσισε να δημιουργήσει ένα απλό, αξιόπιστο αλλά και προσιτό σε όλους αυτοκίνητο. Ένα αυτοκίνητο που ο μέσος Αμερικανός εργαζόμενος θα μπορεί να ανταπεξέλθει οικονομικά για να το αποκτήσει. Αυτή η αποφασιστικότητα ήταν που ενέπνευσε την γραμμή παραγωγής καθώς και το Model T. Δυο καινοτομίες που έφεραν επανάσταση στην αμερικανική κοινωνία και διαμόρφωσε την βιομηχανία που έχουμε σήμερα.

Το μεγάλο επίτευγμα του Henry Ford δεν είναι ότι εφεύρε το αυτοκίνητο, αλλά κατάφερε να παράγει ένα αυτοκίνητο το οποίο ήταν εντός της οικονομικής ευχέρειας ενός μέσου αμερικανού πολίτη. Δηλαδή, ενώ οι άλλοι κατασκευαστές στόχευαν σε ανθρώπους με πιο υψηλό βιοτικό επίπεδο ο Henry Ford ανέπτυξε μια μέθοδο που σταθερά κατέβαζε το κόστος του Model T. Αντί να βάζει στην τσέπη του τα κέρδη μείωνε την τιμή του αυτοκινήτου. Αυτό λοιπόν, είχε ως αποτέλεσμα η Ford Motors να πουλήσει περισσότερα αυτοκίνητα και να αυξάνει σταθερά τα κέρδη της. Έτσι αργά αλλά σταθερά μετέτρεψε το αυτοκίνητο από ένα παιχνίδι πολυτελείας σε ένα στήριγμα της αμερικανικής κοινωνίας.



Εικόνα 1.1 Ο Henry Ford και το πρώτο αυτοκίνητο "το τετράκυκλο" το οποίο κατασκευάστηκε το 1896

Αυτό που βοήθησε την Ford να παράγει ένα προσιτό αυτοκίνητο για όλους, ήταν η ανάπτυξη τις γραμμής παραγωγής που αύξανε την αποτελεσματικότητα της κατασκευής και μείωνε το κόστος. Ο Ford δεν είχε απλώς συλλάβει την ιδέα, την τελειοποίησε. Πριν από την εισαγωγή της γραμμής συναρμολόγησης, τα αυτοκίνητα ήταν ατομικά δημιουργήματα από ομάδες ειδικευμένων εργατών το οποίο όμως ήταν μια αργή και δαπανηρή διαδικασία. Η γραμμή συναρμολόγησης ανέτρεψε την διαδικασία παραγωγής αυτοκινήτων. Αντί ο εργαζόμενος να πηγαίνει στο αυτοκίνητο, το αυτοκίνητο πήγαινε στον εργαζόμενο ο οποίος πραγματοποιούσε μια

μικρή εξειδικευμένη διαδικασία συναρμολόγησης ενός συγκεκριμένου μέρους του αυτοκινήτου ξανά και ξανά. Με την εισαγωγή και την τελειοποίηση της διαδικασίας, η Ford ήταν σε θέση να μειώσει τον χρόνο συναρμολόγησης του Model T από δώδεκα και μισή ώρες σε λιγότερο από έξι ώρες.

Έτσι, το Model T έκανε το ντεμπούτο του το 1908 με τιμή αγοράς 825 \$. Πάνω από δέκα χιλιάδες πουλήθηκαν το πρώτο έτος κυκλοφορίας του, το οποίο καθιέρωσε ένα νέο ρεκόρ. Στα επόμενα τέσσερα χρόνια η τιμή μειώθηκε στα 575 \$ και εκτίναξε τις πωλήσεις στα ύψη. Μέχρι το 1914 η Ford πλέον διεκδικούσε ένα μερίδιο τις αγορές αυτοκινήτου το οποίο ανέρχονταν στο 48%.

Η Ford Motor κατασκεύασε το πρώτο της αυτοκίνητο το 1903, το λεγόμενο Model A. Μέχρι το 1906, ενώ το μοντέλο N ήταν στην παραγωγή, ο Ford δεν είχε καταφέρει ακόμα να επιτύχει τον στόχο του ο οποίος ήταν να παράγει ένα απλό αλλά και προσιτό αυτοκίνητο. Αυτό θα το πετύχει με το μοντέλο T. Μάλιστα ο Charles Sorensen, ο οποίος εντάχτηκε στο προσωπικό του Henry Ford δυο χρόνια νωρίτερα περιγράφει πώς ο Ford τον έβαλε να ολοκληρώσει ένα μυστικό δωμάτιο το οποίο προοριζόνταν για τον σχεδιασμό του νέου αυτοκινήτου του:

«Νωρίς το πρωί το χειμώνα του 1906-7 ο Henry Ford πήγε στο συνεργαζόμενο τμήμα στην Riquette Avenue με σκοπό να με συναντήσει. “Έλα μαζί μου Charlie,” είπε, “θέλω να έρθεις μαζί μου για να σου δείξω κάτι.”

Τον ακολούθησα στο τρίτο επίπεδο στο τέλος του δυτικού τμήματος το οποίο ακόμα δεν είχε διαμορφωθεί για δουλειά συναρμολόγησης. Μου είπε: “Charlie, θα ήθελα να ολοκληρωθεί ένα δωμάτιο ακριβώς σε αυτό το χώρο. Φτιάξε ένα τοίχο με μια πόρτα αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί άνετα να μπαίνει και να βγαίνει ένα αυτοκίνητο από αυτή. Βρες μια καλή κλειδαριά για αυτή την πόρτα και όταν είναι έτοιμο θα φωνάξουμε τον Joe Galamb να έρθει εδώ. Πρόκειται να ξεκινήσουμε μια τελείως διαφορετική νέα δουλειά.” »

Αυτό το δωμάτιο λοιπόν, που είχε στο μυαλό του ο Ford, επρόκειτο να γίνει ο χώρος δημιουργίας του μοντέλου T.

Εντυπωσιακό είναι, ότι χρειάστηκαν μόνο λίγες μέρες για να μπλοκαριστεί αυτό το δωμάτιο και να στηθούν τα εργαλεία άλλα και δυο γιγάντιων διαστάσεων μαυροπίνακες του Joe Galamb. Οι μαυροπίνακες ήταν μια καλή ιδέα μιας και όταν τελειώσει ο σχεδιασμός, θα μπορούσαν να φωτογραφηθούν για δυο σκοπούς. Αφενός μεν για να διατηρηθούν τα αρχικά σχέδια, αλλά και αφετέρου για να κατοχυρώσει τα σχέδια αν τυχόν κάποιος προσπαθούσε να αντιγράψει αυτό που δημιούργησε. Περίπου ένα χρόνο αργότερα το Model T, το προϊόν που κατασκευάζονταν μέσα σε αυτό το ερμητικά κλεισμένο μικρό δωμάτιο, ανακοινώθηκε στο κοινό. Αλλά πήρε άλλον μισό χρόνο μέχρι το πρώτο Model T να βγει στην αγορά.

Λίγο καιρό όμως πριν τον τελικό σχεδιασμό του Model T, συνέβη ένα βαρυσήμαντο γεγονός το οποίο επρόκειτο να αλλάξει όλη την αυτοκινητιστική βιομηχανία. Το πρώτο καμίνι χυτού βαναδιούχου χάλυβα άρχισε να λειτουργεί στην χαλβουργική United Steel Company που είχε την έδρα της στο Ohio. Αυτό το νέο είδος χάλυβα είχε σχεδόν τρεις φορές περισσότερη αντοχή σε σχέση με τον απλό χάλυβα και παρόλη την δύναμη του, μπορούσε να επεξεργαστεί πολύ πιο εύκολα. Αυτό σήμαινε πως ένα τελείως διαφορετικός σχεδιασμός που θα οδηγούσε σε ένα καλύτερο, ελαφρύτερο αλλά και φτηνότερο αυτοκίνητο , ήταν πλέον δυνατός.

Κατ' αυτό τον τρόπο λοιπόν, το Ford Model T κατέστη σε ένα πολύ καλά κατασκευασμένο δημιούργημα, το οποίο έθεσε σε λειτουργία μια αλυσιδωτή αντίδραση για την δημιουργία μιας μηχανικής παραγωγής που πλέον ονομάζεται αυτοματισμός(βλέπε {w1}).

1.5 Γέννηση της γραμμής παραγωγής

Τον Ιούλιο του 1908 ο Sorensen και ένας επιστάτης περνούσαν τις μέρες τους μελετώντας και αναπτύσσοντας τα βασικά στοιχεία της γραμμής παράγωγης.

Αυτό που εκπονήθηκε στη Ford ήταν η πρακτική της μετακίνησης του έργου από τον ένα εργαζόμενο στον άλλο μέχρι η μονάδα να ολοκληρωθεί και έπειτα η οργάνωση της ροής αυτών των μονάδων, ώστε να βρεθούν στο σωστό σημείο την σωστή στιγμή , σε μια τελική γραμμή συναρμολόγησης ώστε να επέλθει το τελικό προϊόν. Ανεξάρτητα από προηγούμενες χρήσεις ορισμένων από αυτών της αρχών , το τελικό σχέδιο που οδήγησε στην επιτυχία της μαζικής παράγωγης και έπειτα στον αυτοματισμό προέρχεται από το τι γινόταν στην εταιρία της Ford Motor's μεταξύ του 1908 και 1913.

Όπως ήταν αναμενόμενο ,το να τοποθετείς τα κομμάτια μαζί για το τελικό προϊόν ήταν πολύ πιο εύκολο να διευθετηθεί από το να χειριστούν τα εξαρτήματα με τέτοιο τρόπο ώστε να φτάσουν στον εργάτη. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε από τον Charlie Lewis και τον Sorensen. Αρχικά άρχισαν να δουλεύουν με τον χειρισμό των λεγόμενων «γρήγορων υλικών». Τα μεγάλα και βαριά κομμάτια όπως μηχανές και άξονες χρειάζονταν πολύ χώρο. Για να βρουν αυτό το χώρο κράταγαν όλα τα άλλα μικρά και συμπαγή εξαρτήματα σε μια διπλανή αποθήκη. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα το τμήμα αποθεμάτων έφερνε στην γραμμή παράγωγης μικρές ποσότητες αυτών των εξαρτημάτων οι οποίες είχαν κατηγοριοποιηθεί και αποθηκευτεί από νωρίτερα.

Αυτός ο τρόπος παράγωγης όμως είχε αρκετά μειονεκτήματα μιας και θα έπρεπε να πηγαينوέρχονται τα υλικά από το ένα κτήριο στο άλλο. Έτσι ήρθε στο προσκήνιο μια διαφορετική ιδέα. Ξεκινώντας από το ένα άκρο του εργοστάσιου θα κινούνταν το σασί του αμαξώματος πάνω σε ένα πλαίσιο. Πρώτα θα τοποθετούταν ο άξονας και οι ρόδες. Έπειτα, το πλαίσιο θα πέρναγε από τον αποθηκευτικό χώρο που φυλάσσονταν

τα υπόλοιπα εξαρτήματα αντί να μεταφέρονται τα εξαρτήματα σε αυτό. Ο Lewis ήταν αυτός που οργάνωσε τα εξαρτήματα με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχουν αυτά που χρειάζονταν εκεί που χρειάζονταν καθώς μετακινούνταν το πλαίσιο.

Έτσι, κάποιο κυριακάτικο πρωινό του Ιουλίου, αφότου είχε οργανωθεί η τακτοποίηση της αποθήκης, ο Sorensen, ο Lewis και κάποιο προσωπικό κατασκεύασαν δοκιμαστικά το πρώτο αυτοκίνητο το οποίο είχε κατασκευαστεί σε κινούμενη γραμμή.

Η επίδειξη είχε ως εξής: αρχικά τοποθετούνταν ρόδες σε ένα πλαίσιο. Έπειτα δένονταν ένα σκηνή ρυμούλκησης στο μπροστινό μέρος του πλαισίου και τράβαγαν το πλαίσιο μέχρι να τοποθετηθεί ο άξονας και οι ρόδες. Μετά απλώς κυλούσαν το σασί και κατά διαστήματα υπήρχαν εγκοπές στην διαδρομή στα σημεία που έπρεπε να σταματήσει το πλαίσιο για να τοποθετηθούν εξαρτήματα. Κατά την επίδειξη τέθηκε και το θέμα παράπλευρων συναρμολογήσεων όπως η συναρμολόγηση του συστήματος ψύξης της μηχανής, ώστε να γίνει πιο γρήγορη η συναρμολόγηση του τελικού προϊόντος.

Τα βασικά μέρη της γραμμής συναρμολόγησης λοιπόν, είχαν ολοκληρωθεί αλλά θα έπαιρνε ακόμα τέσσερα χρόνια μέχρι να ολοκληρωθεί το αρχικό σχέδιο. Για την ολοκλήρωση χρειάστηκε να κατασκευαστεί ένα νέο τμήμα στο Highland, το οποίο ήταν αποκλειστικά σχεδιασμένο για τους σκοπούς της γραμμής συναρμολόγησης. Η διαδικασία ξεκινούσε στον τελευταίο όροφο ενός τετραώροφου κτιρίου όπου κατασκευάζονταν η μηχανή και η συναρμολόγηση προχωρούσε καθώς κατέβαιναν τα επίπεδα μέχρι που στο ισόγειο το σώμα προσκολλούνταν στο σασί του αυτοκίνητου.

Μέχρι τον Αύγουστο του 1913 όλοι οι κρίκοι της γραμμής συναρμολόγησης είχαν πλέον προσκολληθεί εκτός από τον τελευταίο και πιο θεαματικό. Αυτόν που είχε δοκιμαστεί ένα κυριακάτικο πρωινό 5 χρόνια πριν. Και πάλι ένα σχοινί ρυμούλκησης προσδέθηκε σε ένα πλαίσιο μόνο που αυτή την φορά η ρυμούλκηση γινόταν από μια τροχαλία. Κάθε εξάρτημα προσαρμόζονταν πάνω στο κινούμενο σασί με τάξη, από τους άξονες στην αρχή της διαδικασίας μέχρι το εξωτερικό σώμα στο τέλος της. Μερικά εξαρτήματα έπαιρναν περισσότερη ώρα να προσαρμοστούν σε σχέση με άλλα και για αυτό το λόγο για να υπάρχει μια ομαλή κίνηση, θα έπρεπε να υπάρχουν κάποια κενά μεταξύ των διαφόρων εξαρτημάτων που προσαρμόζονταν. Αυτός λεγόταν «Χρόνος της Υπομονής» και διευθετούνταν εκ νέου αρκετές φορές, μέχρι η ροή των εξαρτημάτων, η ταχύτητα καθώς και τα διαστήματα μεταξύ της γραμμής παραγωγής έμπλεκαν με έναν απόλυτα συνδυασμένο τρόπο μεταξύ όλων των σταδίων της παραγωγής.

Έτσι λοιπόν, πριν το τέλος του ίδιου έτους, μια μηχανοκίνητη οδηγούμενη γραμμή ήταν σε λειτουργία και με την αρχή του επόμενου τριετούς νέες γραμμές τέθηκαν σε λειτουργία. Η μαζική παραγωγή της Ford καθώς και μια καινούρια περίοδος στην βιομηχανική ιστορία μόλις είχαν ξεκινήσει (βλέπε {w1}).

1.6 Η Εταιρεία Ford Motor's (1908-1913)

Η γραμμή συναρμολόγησης που αναπτύχθηκε για το Ford Model T είχε τεράστια επίδραση στον κόσμο.

Η έννοια της γραμμής συναρμολόγησης, εισήχθη στη Ford Motor Company από τον William Klann κατά την επιστροφή του από επίσκεψη σε σφαγείο στο Σικάγο, όπου εμπνεύστηκε όταν είδε τον τρόπο τεμαχισμού των ζώων, ενώ αυτά μετακινούνταν κατά μήκος ενός ιμάντα. Η απόδοση ενός ατόμου το οποίο έκοβε ξανά και ξανά το ίδιο κομμάτι του τράβηξε την προσοχή. Ανέφερε την ιδέα του στον Peter E. Martin, ο οποίος είχε αμφιβολίες εκείνη την περίοδο αλλά του πρότεινε να προχωρήσει.

Η όλη διαδικασία ήταν μια εξέλιξη που προήρθε μέσα από τον μόχθο και τα λάθη μιας ομάδας που αποτελούταν κυρίως από τον Peter E. Martin, Charles E. Sorensen, C. Harold Wills, Clarence W. Avery και Charles Ebender. Μια από τις βάσεις για την παραπάνω ιδέα ήταν και η έξυπνη διαρρύθμιση της τοποθέτησης εργαλειομηχανών από τον Walter Flanders που εφαρμόζονταν από τον ίδιο μέχρι το 1908.

Το 1922 λοιπόν, ο Ford δήλωσε για την γραμμή συναρμολόγησης : “ Πιστεύω πως αυτή ήταν η πρώτη κινούμενη γραμμή παραγωγής που έχει εγκατασταθεί. Η ιδέα προήλθε εν μέρη από τα εναέρια τρόλεϊ τα οποία χρησιμοποιούσαν κατά την συσκευασία του βοείου κρέατος στο Σικάγο.”

Ως αποτέλεσμα αυτής της εξέλιξης στις μεθόδους που ακολουθούσαν, ένα αυτοκίνητο της Ford έβγαινε από την γραμμή κάθε τρία λεπτά. Αυτό ήταν πολύ πιο γρήγορο από τις προηγούμενες μεθόδους, αυξάνοντας την παραγωγή κατά 8 προς 1 ενώ χρησιμοποιούνταν λιγότερο εργατικό δυναμικό. Το 1914, ένας εργαζόμενος στην γραμμή συναρμολόγησης μπορούσε να αγοράσει ένα Model T, με τις αποδοχές 4 μηνών.

Ο Ford επίσης, εισήγαγε κάποιες πολύπλοκες διαδικασίες για τα θέματα ασφαλείας. Περιορίζε τον κάθε εργαζόμενο σε μια συγκεκριμένη θέση από το να τον αφήνει να περιφέρεται. Αυτό μείωσε δραματικά το ποσοστό ατυχήματος. Ο συνδυασμός των υψηλών μισθών και της υψηλής αποδοτικότητας ονομάζεται "Fordism", και έχει πλέον αντιγραφεί από τις περισσότερες μεγάλες βιομηχανίες. Η γραμμή συναρμολόγησης λοιπόν, ανάγκαζε τους εργαζόμενους να εργάζονται με ένα ορισμένο ρυθμό, με επαναλαμβανόμενες κινήσεις, όπου αυτές οδηγούσαν σε μεγαλύτερη παραγωγή ανά εργαζόμενο.

Τέλος, στην αυτοκινητοβιομηχανία η επιτυχία της ήταν κυριαρχική, και σύντομα εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο. Η Ford France και Ford Britain έκαναν την εμφάνιση τους το 1911, Η Ford Denmark το 1923 και Η Ford Germany το 1925. Το 1921 η Citroen, ήταν η πρώτη ευρωπαϊκή αυτοκινητοβιομηχανία που υιοθέτησε την κινούμενη γραμμή συναρμολόγησης. Σύντομα όλες οι εταιρίες έπρεπε να έχουν

κινούμενες γραμμές συναρμολόγησης ή ρίσκαραν με την χρεοκοπία, μιας και δεν άντεχαν τον ανταγωνισμό. Έτσι βλέπουμε ότι, μέχρι το 1930 ,250 επιχειρήσεις που δεν την είχαν υιοθέτησει, εξαφανίστηκαν(βλέπε {w1}).

2. Βιομηχανία

2.1 Ορισμός της Βιομηχανίας

Είναι η κατασκευή υλικών αγαθών σε εργοστάσια, όπου οι μηχανές επεξεργάζονται διάφορες πρώτες ύλες της φύσης (ξύλα, μέταλλα, κάρβουνα, βαμβάκι, σιτάρι κ.α.) που είναι απαραίτητα στον άνθρωπο. Η βιομηχανία άρχισε από τότε που ο παραγωγός χωρίστηκε από το είδος που παράγει, δηλαδή από τότε που τα μέσα παραγωγής ανήκουν σε έναν επιχειρηματία που πληρώνει εργάτες, για να εξυπηρετούν την επιχείρησή του (βλέπε {w2}).

Μπορούμε να δούμε ότι τον 20ο αιώνα, με τη χρησιμοποίηση του ηλεκτρισμού, με τις νέες μεγάλες εφευρέσεις και με την ανάπτυξη του εμπορίου, η βιομηχανία απλώθηκε πάρα πολύ και δημιουργήθηκε σε διάφορες χώρες, που έχουν πολλά και μεγάλα εργοστάσια, η βιομηχανική πολιτική. Δηλαδή οι κυβερνήσεις στις χώρες αυτές φροντίζουν να ενισχύσουν τις βιομηχανίες και να εξασφαλίσουν την κατανάλωση των προϊόντων τους στις δικές τους αγορές και στις αγορές του εξωτερικού. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τονώνεται η εθνική οικονομία τους.

Η βιομηχανία λοιπόν, διαιρείται σε βαριά και σε ελαφριά. Η πρώτη παράγει είδη παραγωγής, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μηχανές κλπ. Η δεύτερη παράγει τρόφιμα, χημικά προϊόντα, υφάσματα κλπ. Οι πιο αντιπροσωπευτικές βιομηχανίες στην εποχή μας είναι: Η βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, οι μηχανολογικές, οι οικοδομικές, οι βιομηχανίες χημικών προϊόντων ειδών διατροφής, οι κλωστοϋφαντουργικές, κατεργασίας δερμάτων, καουτσούκ, οι βιομηχανίες οικιακών συσκευών, φαρμάκων, οινοπνευμάτων, καπνού, ξύλου, χαρτιού, παραγωγής σιδήρου, χαλκού, αλουμινίου, οι εξορυκτικές και μεταλλευτικές βιομηχανίες.

Τα μεγαλύτερα βιομηχανικά κράτη του κόσμου είναι σήμερα οι Ην. Πολιτείες, η Σοβιετική Ένωση, η Αγγλία, η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία, η Ιαπωνία, το Βέλγιο, η Τσεχία και Σλοβακία, η Ελβετία, η Ολλανδία κ.ά. Ο τελευταίος παγκόσμιος πόλεμος όμως, κατέστρεψε πολλές βιομηχανίες, όπου μόνο οι βιομηχανίες των Ην. Πολιτειών έμειναν άθικτες.

Κατά τη διάρκεια του παγκοσμίου πολέμου και της κατοχής η βιομηχανία μας έπαθε μεγάλες ζημιές, σχεδόν νεκρώθηκε. Το ξαναζωντανεμά της άρχισε το 1945 κι άρχισε σιγά - σιγά να βελτιώνεται. Τώρα λειτουργούν στην Ελλάδα χιλιάδες βιομηχανικές επιχειρήσεις και οι εργάτες που απασχολούνται σε αυτές ανέρχονται σε χιλιάδες. Φυσικά είμαστε ακόμα πολύ πίσω. Το βιομηχανικό μας εισόδημα μόλις αντιπροσωπεύει το 23% του συνολικού εισοδήματος, ενώ στις μεγάλες βιομηχανικές χώρες ξεπερνά το 50%.

Σπουδαιότερη για την Ελλάδα είναι η βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας, που καλύπτει ένα μεγάλο ποσοστό ολόκληρης της βιομηχανικής μας παραγωγής. Έπειτα

έρχονται η βιομηχανία καπνού, τροφίμων, οι ναυπηγικές, οι οικοδομικές βιομηχανίες, (τούβλα, τσιμέντα κλπ.), οι μεταλλουργικές, οι μηχανουργικές κ.ά. Ελληνικά βιομηχανικά κέντρα είναι η Αθήνα, ο Πειραιάς, η Θεσσαλονίκη η Πάτρα, η Καλαμάτα, ο Βόλος, η Καβάλα, η Βέροια, η Χαλκίδα, το Αίγιο κ.ά.

Με την ραγδαία ανάπτυξη της Βιομηχανίας, η ανάγκη για συνεχή παραγωγή γινόταν όλο και πιο επιτακτική. Αυτή η τάση ενισχύθηκε ακόμη περισσότερο από το γεγονός ότι η παραγωγή ήταν βασισμένη κυρίως σε συνεχείς ροές πρώτων υλών. Ο τύπος αυτός της βιομηχανικής παραγωγής απαιτούσε την εφαρμογή μεθόδων αυτοματισμού και έτσι συνδέθηκε άμεσα η λειτουργία των βιομηχανικών διαδικασιών συνεχούς λειτουργίας με την πρόοδο της τεχνολογίας του βιομηχανικού αυτοματισμού. Από τα πρώτα στάδια, ο έλεγχος και η εποπτεία της παραγωγής ήταν στην πλήρη αρμοδιότητα των ανθρώπων. Με την ανάπτυξη νέου εξοπλισμού, μερικές λειτουργίες ελέγχου και εποπτείας σταδιακά αυτοματοποιήθηκαν. Παράλληλα παρατηρείται άνθηση στη βιομηχανία παραγωγής οργάνων και συσκευών ελέγχου. Ο αυτοματισμός από τα αρχικά του βήματα περιλαμβάνει τους εξής τρεις βασικούς παράγοντες:

- α) τα αισθητήρια που συγκεντρώνουν πληροφορίες από το περιβάλλον παραγωγής
- β) τους ενεργοποιητές που επιτρέπουν την υλοποίηση των αποφάσεων ελέγχου και
- γ) τα συστήματα αποφάσεων που αποφασίζουν, προγραμματίζουν και κατευθύνουν τις ενέργειες ελέγχου(βλέπε {5}).

2.2.1 Ο ορισμός της βαριάς βιομηχανίας

Σχετίζεται με έναν τύπο επιχείρησης που τυπικά κατέχει ένα υψηλό κόστος κεφαλαίου, υψηλούς φραγμούς εισόδου και χαμηλή μεταφερσιμότητα. Ο όρος “Βαριά” αναφέρεται στο γεγονός ότι στην “Βαριά Βιομηχανία” επεξεργάζονται προϊόντα όπως είναι ο σίδηρος, το κάρβουνο, το πετρέλαιο και άλλα. Σήμερα με αυτόν τον όρο αναφερόμαστε και σε βιομηχανίες οι οποίες προκαλούν αναστάτωση στο περιβάλλον με μορφή μόλυνσης, αποξήλωσης των δασών και άλλα. (βλέπε {w2}).

Βιομηχανίες που συνήθως θεωρούνται βαριές περιλαμβάνουν:

1. Χημικά και πλαστικά.
2. Χάλυβα για τη διύλιση πετρελαίου και την παραγωγή.
3. Εξόρυξη.
4. Μηχανήματα βιομηχανικών εγκαταστάσεων.
5. Μαζική διέλευση (σιδηρόδρομοι, αεροπορικές εταιρείες, ναυπηγεία).

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της βαριάς βιομηχανίας είναι ότι συνήθως πωλεί τα παραγόμενα προϊόντα της σε βιομηχανικούς πελάτες και όχι στον τελικό καταναλωτή. Έτσι βλέπουμε, ότι έχει συνήθως την τάση να είναι ένα μέρος της αλυσίδας τροφοδότησης στην κατασκευή άλλων τελικών προϊόντων.

Τέλος, στον 21ο αιώνα είναι κοινά παραδεκτό ότι η ομαλή και υγιής ανάπτυξη της βαριάς βιομηχανίας προϋποθέτει αυστηρές διαδικασίες διασφάλισης ποιότητας. Έτσι, σε κάθε τύπου βιομηχανία διαμορφώνεται ένας τομέας ποιοτικού ελέγχου που χρειάζεται αξιόπιστα, γρήγορα και ακριβή συστήματα μέτρησης. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο, η δυνατότητα αυτοματοποιημένης διαδικασίας αρχειοθέτησης των μετρήσεων είναι ζωτικής σημασίας. Οι εφαρμογές ποικίλουν και αφορούν αποτυπώσεις και γεωμετρικό έλεγχο υποδομών, εγκαταστάσεις βαρέως τύπου μηχανημάτων κτλ. (βλέπε {w2}).

2.2.2 Υδραυλικά Συστήματα

Ιστορική Αναδρομή

Τα υδραυλικά συστήματα είναι μια καινοτόμος μέθοδος, η οποία κάνει την εργασία πιο εύκολη και αποτελεσματική. Βασίζεται στην πίεση των υγρών που δημιουργείται μέσα σε ένα θάλαμο. Αυτή η πίεση είναι μια εφαρμοσμένη δύναμη ή ροπή, η οποία μπορεί να προσφέρει μόχλευση σε ένα φορτίο. Έτσι, το φορτίο εξασθενεί και γίνεται ευκολότερο στο χειρισμό. Το υδραυλικό σύστημα πέδησης του αυτοκινήτου είναι ένα καλό παράδειγμα χρήσης υδραυλικού συστήματος.

Από ιστορικής πλευράς, γνωρίζουμε ότι το 1785, ο William Georges Armstrong ήταν ο εφευρέτης του Armstrong Whitworth. Ο Sir Armstrong, ενώ είχε πάει για ψάρεμα, εμπνεύστηκε από μια προπέλα που κινούσε μια βάρκα. Παρατήρησε πως ενώ η προπέλα δούλευε, επέτρεπε ένα μεγάλο μέρος του έργου να χάνεται. Αρχικά σχεδίασε μια περιστρεφόμενη μηχανή από αυτή του την έμπνευση, άλλα αργότερα σχεδίασε ένα υδραυλικό έμβολο, το οποίο είχε την δυνατότητα να μετακινήσει έναν γερανό.

Την ίδια περίοδο ένας άλλος Άγγλος ο Joseph Bramah, εφεύρε μία υδραυλική πρέσα.

Έτσι, σε μια περίοδο, που η υδραυλική επιστήμη δεν ήταν ακόμα αναγνωρισμένη ο Armstrong και ο Bramah εφάρμοζαν τους νόμους του Pascal στις εφευρέσεις τους. Ο Joseph Bramah μάλιστα, κατοχύρωσε την πατέντα της υδραυλικής πρέσας το 1795.

Υπήρξαν όμως και παλαιότερες αναφορές για υδραυλικά συστήματα, όπως στην αρχαία Ελλάδα όπου συγγραφείς μιλούν για μηχανές που χρησιμοποιούν πεπιεσμένα υγρά σε αντλίες ή σε αναφορές πως Σομαλικές φυλές χρησιμοποιούσαν την δύναμη του νερού στην αγροτική καλλιέργεια. Άλλα το μεγάλο άλμα έγινε από τους Bramah και Sir Armstrong, οι οποίοι έγραψαν την αρχή της ιστορίας για τα υδραυλικά συστήματα.

Από το 1795 και έπειτα, αρκετοί μηχανικοί και εφευρέτες έχουν συνεισφέρει σε αυτό το επιστημονικό πεδίο, το οποίο έχει να κάνει με δυνάμεις που ασκούνται σε υγρά ή την ρευστοδυναμική(βλέπε {w3}).

Θεωρία Υδραυλικών Συστημάτων

Με τον όρο υδραυλικά συστήματα εννοούμε συστήματα μεταφοράς ισχύος που αποτελούνται από αντλίες, σωληνώσεις, επιστόμια και υδραυλικούς κινητήρες, περιστροφικούς ή παλινδρομικούς, που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ροπής ή δυνάμεως.

Παλαιότερα ο όρος υδραυλικά χρησιμοποιείτο για τη μεταφορά ρευστών και λειτουργίες καταμέτρησης αυτών όπως: ροή μέσω φραγμάτων και υδατοφρακτών. Σήμερα στη βιομηχανική πρακτική, ο όρος υδραυλικά χρησιμοποιείται για την περιγραφή κλειστών κυκλωμάτων που μεταφέρουν ενέργεια μέσω πεπιεσμένου υδραυλικού ρευστού.

Εφόσον τα υγρά ρευστά δεν έχουν τη δικιά τους μορφή και πρακτικά είναι ασυμπίεστα, έχουν την ιδιότητα να μεταφέρουν την εφαρμοζόμενη σε αυτά δύναμη αυτούσια προς όλες τις κατευθύνσεις(βλέπε {6}).

ο Υδραυλικές αντλίες

Για τη μεταφορά ενέργειας μέσω πεπιεσμένων υγρών, τα υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιούν αντλίες, οδηγούμενες κατά κανόνα από ηλεκτροκινητήρες.

Οι υδραυλικές αντλίες είναι κατά κανόνα το πιο σπουδαίο εξάρτημα του υδραυλικού συστήματος και στις πιο πολλές περιπτώσεις το πιο εκλεπτυσμένο και ακριβό. Μετατρέπουν την ηλεκτρική και μηχανική ισχύ σε υδραυλική, με τη συμπίεση του ρευστού ως προς το σύστημα.

Ως υδραυλική ενέργεια του ρευστού, χαρακτηρίζεται κυρίως η δυναμική ενέργεια που περικλείει και μεταφέρει το ρευστό υπό πίεση. Η κινητική ενέργεια του ρευστού είναι πολύ μικρή, αφού οι ταχύτητες είναι σχετικά χαμηλές. Το ρευστό λοιπόν, δρα ως μεταφορέας ενέργειας που έχει τη μορφή πίεσεως. Οι υδραυλικές αντλίες είναι πάντα θετικής μετατόπισης, το οποίο σημαίνει ότι παρέχουν πάντα ένα καθορισμένο ποσό ρευστού ανά παλινδρόμηση ή περιστροφή. Έτσι η παροχή τους ,αν εξαιρέσουμε τις εσωτερικές διαρροές λόγω αυτολυπάνσεως, είναι ανεξάρτητη από την πίεση καταθλίψεως. Αυτό δε συμβαίνει στις αντλίες μη θετικής μετατόπισης. Αντλίες μη θετικής μετατόπισης είναι οι αντλίες νερού(βλέπε {6}).

Υπάρχουν δυο κατηγορίες αντλιών:

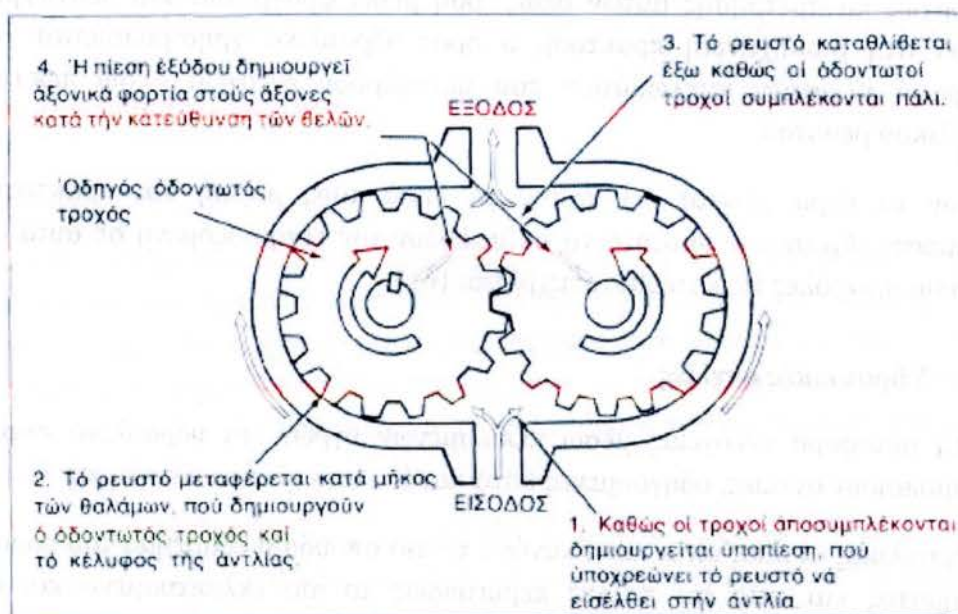
- Οι περιστροφικές αντλίες
- Και οι εμβολοφόρες αντλίες.

❖ Περιστροφικές αντλίες :

Αυτές χωρίζονται με την σειρά τους σε τρεις άλλες κατηγορίες:

1. Οδοντωτές υδραυλικές αντλίες.
2. Οδοντωτές αντλίες με εσωτερικό τροχό.
3. Πτερυγοφόρες αντλίες.

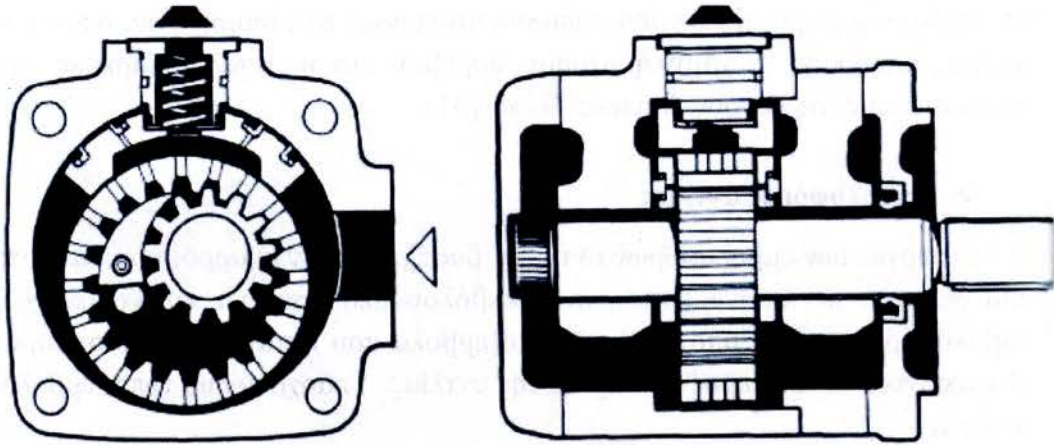
Οι οδοντωτές αντλίες χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Η λειτουργία τους βασίζεται στην μεταφορά ρευστού ανάμεσα σε δυο οδοντωτούς τροχούς. Οι δυο οδοντωτοί τροχοί έχουν την ίδια διάμετρο ,αριθμό δοντιών και βήμα(βλέπε εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.2 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας μιας γραναζωτής αντλίας

Είναι αντλίες κυρίως μικρών και μέσων παροχών. Επιπλέον είναι αντλία σταθεράς παροχής και δεν υπάρχουν παραλλαγές μεταβλητής παροχής. Γι' αυτούς τους λόγους χρησιμοποιούνται σε κατασκευές μικρών και μεσαίων ποιοτικών απαιτήσεων. Στις χρήσεις αυτές, η ικανότητα της να παρουσιάζει ανοχή σε ρευστό που δεν είναι απόλυτα καθαρό και το χαμηλό κόστος της, την κάνουν ιδανική.

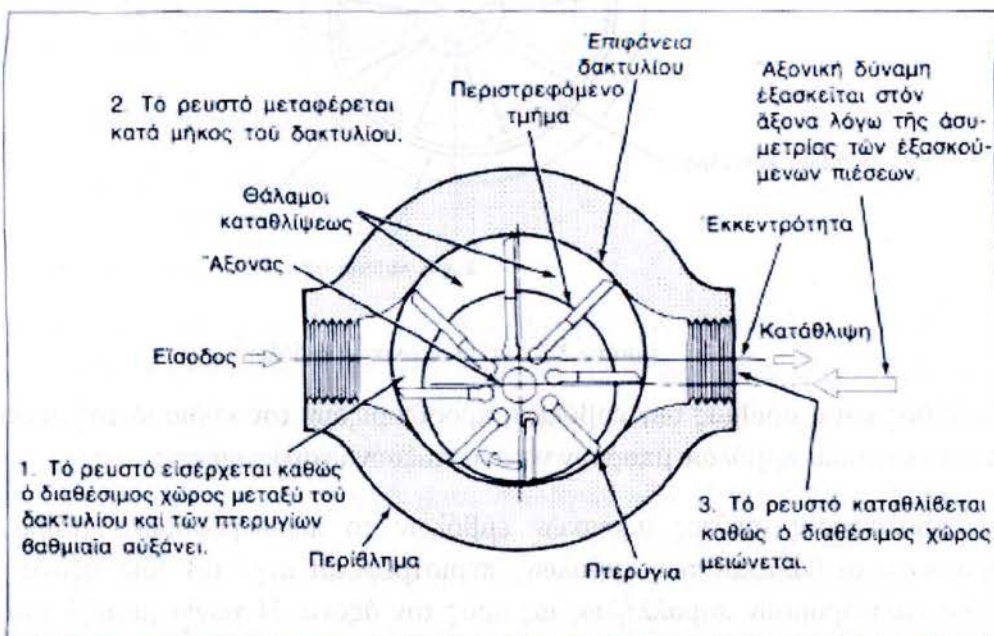
Οι οδοντωτές αντλίες με εσωτερικό τροχό (βλέπε εικόνα 2.2) είναι μια άλλη μορφή αντλίας οδοντωτών τροχών, η οποία περιστρέφει έναν οδοντωτό τροχό που είναι προσαρμοσμένος στον κινητήριο άξονα.



Εικόνα 3.2 Χαρακτηριστικό παράδειγμα γρναζωτής αντλίας με εσωτερικό οδοντωτό τροχό

Οι αντλίες αυτές έχουν χαμηλό βαθμό ανομοιομορφίας και παρουσιάζουν πολύ χαμηλή στάθμη θορύβου σε συνδυασμό με δυνατότητα υψηλής πίεσεως. Ικανοποιούν υψηλές ποιοτικές απαιτήσεις και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται συνδυασμός υψηλής πίεσεως με χαμηλή στάθμη θορύβου, όπως στις θερμοπλαστικές μηχανές.

Οι περυνγιόφορες αντλίες (βλέπε εικόνα 2.3) τέλος, βασίζονται στην περιστροφή περυνγιών που εφάπτονται στην εσωτερική επιφάνεια ενός δακτυλίου και δημιουργούν χώρους όπου μεταφέρεται και καταθλίβεται το ρευστό. Οι χώροι αυτοί περικλείονται από τις παράπλευρες πλάκες τριβής. Τα περύνγια κινούνται ελεύθερα σε υποδοχές ενός περιστρεφόμενου τμήματος και κρατούνται σε επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου με τη φυγόκεντρο δύναμη και την πίεση που εξασκείται στην κάτω επιφάνεια τους.



Εικόνα 2.4 Λειτουργία περυνγιόφρου αντλίας

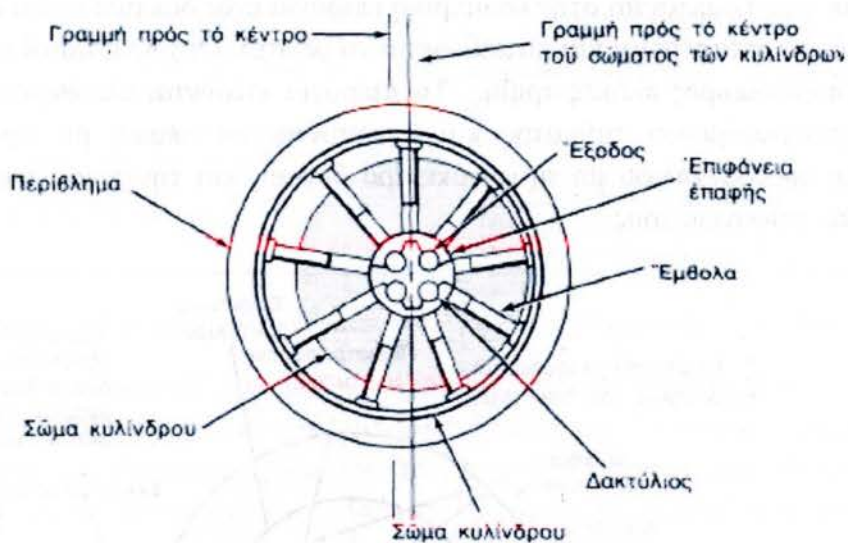
Οι περνευιοφόρες αντλίες χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία, όπου ο υψηλός βαθμός απόδοσης, η χαμηλή στάθμη θορύβου και η μεγάλη διάρκεια ζωής που παρουσιάζουν, τις κάνουν ιδανικές(βλέπε {5}).

❖ Εμβολοφόρες αντλίες

Η λειτουργία των εμβολοφόρων αντλιών, βασίζεται στην αναρρόφηση και κατάθλιψη του ρευστού με παλινδρόμηση ενός εμβόλου μέσα σε ένα κυλινδρικό χώρο. Οι εμβολοφόρες αντλίες αποτελούνται από εμβολα που κατανέμονται είτε παράλληλα, είτε ακτινικά κάθετα προς τον άξονα της αντλίας. Υπάρχουν δυο τύποι εμβολοφόρων αντλιών:

1. Εμβολοφόρες αντλίες ακτινικών εμβόλων.
2. Εμβολοφόρες αντλίες αξονικών εμβόλων

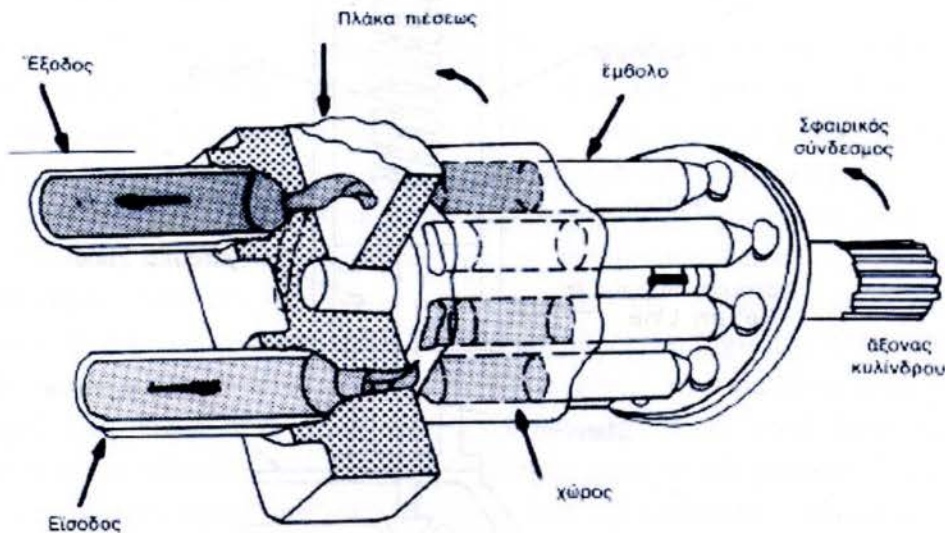
Στις εμβολοφόρες αντλίες ακτινικών εμβόλων(βλέπε εικόνα 2.4), οι θάλαμοι των εμβόλων στις αντλίες αυτές είναι τοποθετημένοι κάθετα προς τον άξονα και βρίσκονται στο κεντρικό περιστρεφόμενο τμήμα, το οποίο περιστρέφεται στο εσωτερικό ενός δακτυλίου.



Εικόνα 2.5 Αντλία ακτινικών εμβόλων

Το μέγεθος και ο αριθμός των εμβόλων, προσδιορίζουν τον κυβισμό της αντλίας. Οι αντλίες ακτινικών εμβόλων μπορούν να αναπτύξουν υψηλές πιέσεις.

Στις εμβολοφόρες αντλίες αξονικών εμβόλων το περιστρεφόμενο τμήμα, όπου ευρίσκονται οι θάλαμοι των εμβόλων, περιστρέφεται περί τον ίδιο άξονα και τα έμβολα παλινδρομούν παράλληλα ως προς τον άξονα. Η γωνία μεταξύ του άξονα και της υπό κλίσης πλάκας, προσδιορίζει τον κυβισμό των θαλάμων των εμβόλων.



Εικόνα 2.6 Αντλία αξονικών εμβόλων με πλάκα υπό κλίση

Τέλος, οι εμβολοφόρες αντλίες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται για τις κατασκευές υψηλής ποιότητας, αποδίδουν τις πιο υψηλές πιέσεις και διαθέτουν εκλεπτυσμένους μηχανισμούς μεταβολής της παροχής και έλεγχο με σερβοσυστήματα και συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας(βλέπε {5}).

ο Υδραυλικά Έμβολα

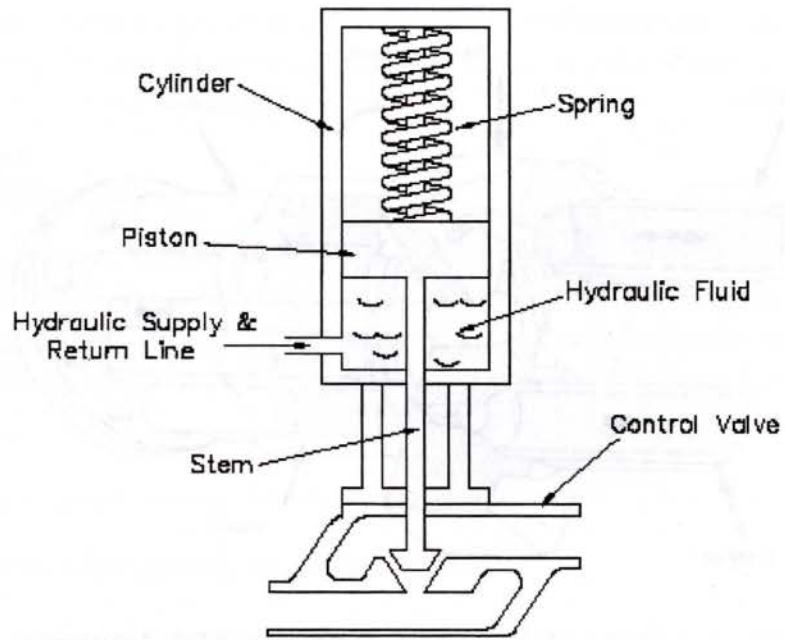
Τα υδραυλικά έμβολα είναι στοιχεία που μας παρέχουν γραμμική κίνηση. Το αποτέλεσμα μιας υδραυλικής δράσης σε ένα κύλινδρο είναι η ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου του, η εφαρμογή κάποιας δύναμης και η παραγωγή έργου.

Οι κύλινδροι χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. Κύλινδροι απλής ενέργειας.
2. Κύλινδροι διπλής ενέργειας

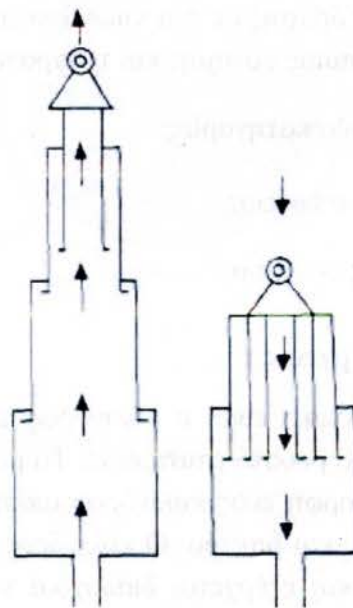
❖ Κύλινδροι απλής ενέργειας :

Ένας κύλινδρος απλής ενέργειας, είναι ο κύλινδρος που διαθέτει μόνο μια είσοδο ρευστού από την οποία το ίδιο ρευστό επιστρέφει. Το ρευστό ωθεί έξω το έμβολο του κυλίνδρου. Η απλούστερη μορφή ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας, είναι αυτή όπου το έμβολο είναι ταυτοχρόνως και βάκτρο. Ο κύλινδρος αυτός έχει μόνο ένα θάλαμο, όπου το ρευστό εισέρχεται και εξέρχεται διαδοχικά και εξασκεί δύναμη προς μια μόνο κατεύθυνση. Το έμβολο εισέρχεται με την εφαρμογή μιας εξωτερικής δύναμης, συνήθως του ίδιου του βάρους του, με την προϋπόθεση βέβαια ότι είναι τοποθετημένος κατακόρυφα ή με τη χρήση ελατηρίου. Οι κύλινδροι αυτοί χρησιμοποιούνται ευρέως σε πρέσες(βλέπε εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.7 Υδραυλικό έμβολο απλής ενέργειας με ελατήριο

Μια άλλη μορφή κυλίνδρου απλής ενέργειας, είναι αυτή του τηλεσκοπικού κυλίνδρου(βλέπε εικόνα 2.7). Ο κύλινδρος αυτός χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το μήκος του κυλίνδρου, σε θέση ηρεμίας, πρέπει να είναι πολύ μικρότερο από το μήκος του σε θέση δράσεως. Το έμβολο είναι πτυσσόμενο, με 4 έως 5 πτυχές κατά μέγιστο(βλέπε {5}).

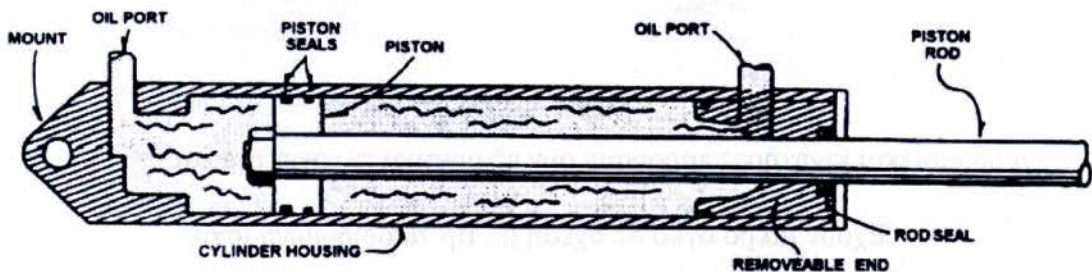


Εικόνα 2.8 Τηλεσκοπικό έμβολο απλής ενέργειας

❖ Κύλινδροι διπλής ενέργειας :

Οι κύλινδροι διπλής ενέργειας (βλέπε εικόνα 2.8), δέχονται ρευστό από τα δυο άκρα τους και μπορούν να δράσουν και προς τις δυο κατευθύνσεις. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή υδραυλικού κυλίνδρου. Ένα χαρακτηριστικό των κυλίνδρων αυτών, είναι ότι η κεφαλή του εμβόλου παρουσιάζει άνισες επιφάνειες στις δυο πλευρές, εφόσον η μια πλευρά είναι μικρότερης επιφάνειας λόγω της παρουσίας του βάκτρου. Ομοίως, η κάθε πλευρά του κυλίνδρου παρουσιάζει διαφορετικό κυβισμό. Το αποτέλεσμα είναι, ότι κατά την παλινδρόμηση του κυλίνδρου εξασκούνται διαφορετικές δυνάμεις λόγω της πίεσεως του ρευστού, ενώ η ταχύτητα του κυλίνδρου κατά την εμπρός κίνηση είναι η ίδια. Αυτός ο τύπος των εμβόλων ονομάζεται διαφορικός. Στη περίπτωση όπου το χαρακτηριστικό αυτό είναι μειονέκτημα, χρησιμοποιούνται κύλινδροι με διαμπερές βάκτρο, ώστε οι εκατέρωθεν επιφάνειες του εμβόλου και οι όγκοι των δυο πλευρών του να εξισωθούν. Αυτός ο τύπος ονομάζεται μη διαφορικός.

Ένας κύλινδρος αποτελείται από το σώμα, το έμβολο, το βάκτρο, τα παράπλευρα καλύμματα και τους δακτυλίους στεγανότητας. Το σώμα των κυλίνδρων κατασκευάζεται από χαλύβδινο σωλήνα χωρίς ραφή με κατεργασία ακριβείας στο εσωτερικό. Το έμβολο τώρα, συνήθως χυτοσίδηρο ή χαλύβδινο διαθέτει δακτυλίους στεγανότητας, ώστε να εξασφαλίζεται η στεγανότητα της υπό πίεσης πλευράς. Το βάκτρο τέλος, αποτελείται από χαλύβδινο επιχρωμιωμένο άξονα. Υπάρχουν πολλοί τρόποι εδράξεως των κυλίνδρων, αναλόγως με την κατασκευή της τελικής μηχανής. Το άκρο του βάκτρου είναι συνήθως κοχλιωμένο ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί προς της διάταξη του φορτίου.



Εικόνα 2.9 Υδραυλικό έμβολο διπλής ενέργειας

Οι κύλινδροι επιλέγονται αναλόγως προς τις απαιτούμενες πιέσεις, δυνάμεις και ταχύτητες. Συνήθως είναι τυποποιημένοι, αλλά η ποικιλία των εφαρμογών επιβάλλει συχνά την κατασκευή κυλίνδρων ειδικά για τις συγκεκριμένες κατασκευές.

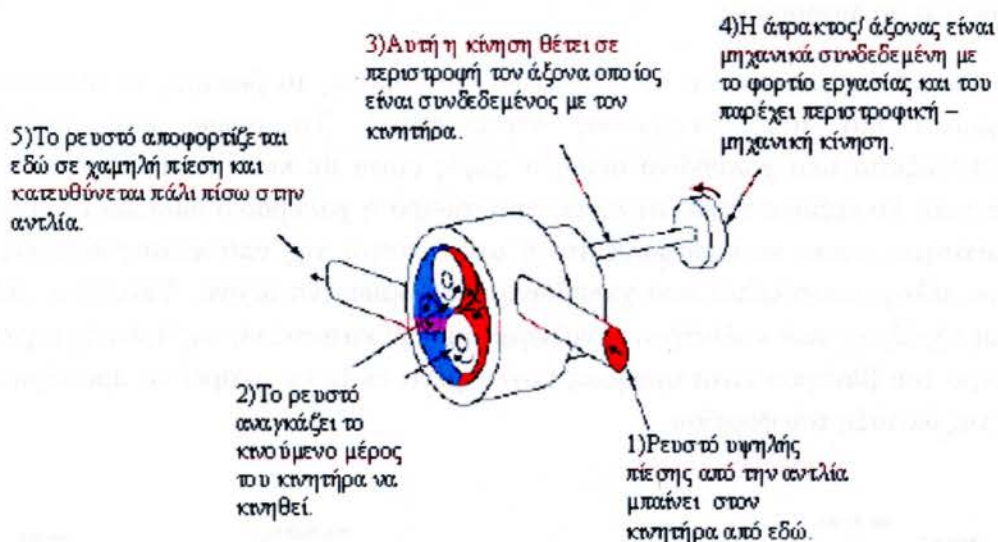
Εκτός από τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε, οι κύλινδροι μπορούν να κατασκευασθούν και με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως δακτυλίους στεγανότητας κατάλληλους για μεγάλη συχνότητα παλινδρομήσεων ή με διατάξεις επιβραδύνσεως,

για επιβράδυνση της κινήσεως κατά το τέλος της κινήσεως και με ειδικές διατάξεις για την αντιμετώπιση ακτινικών φορτίων(βλέπε {6}).

ο Υδραυλικοί Κινητήρες

Οι υδραυλικοί κινητήρες (βλέπε εικόνα 2.9) είναι εξαρτήματα που μας παρέχουν περιστροφική κίνηση και ροπή στρέψεως ,ως αποτέλεσμα μιας υδραυλικής δράσεως.

Οι περισσότεροι υδραυλικοί κινητήρες είναι όμοιοι με τις υδραυλικές αντλίες. Αντί να συμπιέζουν το ρευστό όμως όπως οι αντλίες, δέχονται ρευστό υπό πίεση το οποίο τους αναγκάζει να περιστρέφονται και να αποδίδουν ροπή στρέψεως ως προς τον άξονα τους. Σπάνια όμως οι υδραυλικοί κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντλίες. Οι περισσότεροι υδραυλικοί κινητήρες έχουν δυνατότητα περιστροφής και προς τις δυο κατευθύνσεις, ενώ οι αποστραγγίσεις τους είναι εξωτερικές.



Εικόνα 2.10 Αρχή λειτουργίας υδραυλικού κινητήρα

Οι υδραυλικοί κινητήρες παρουσιάζουν εξαιρετικά πλεονεκτήματα:

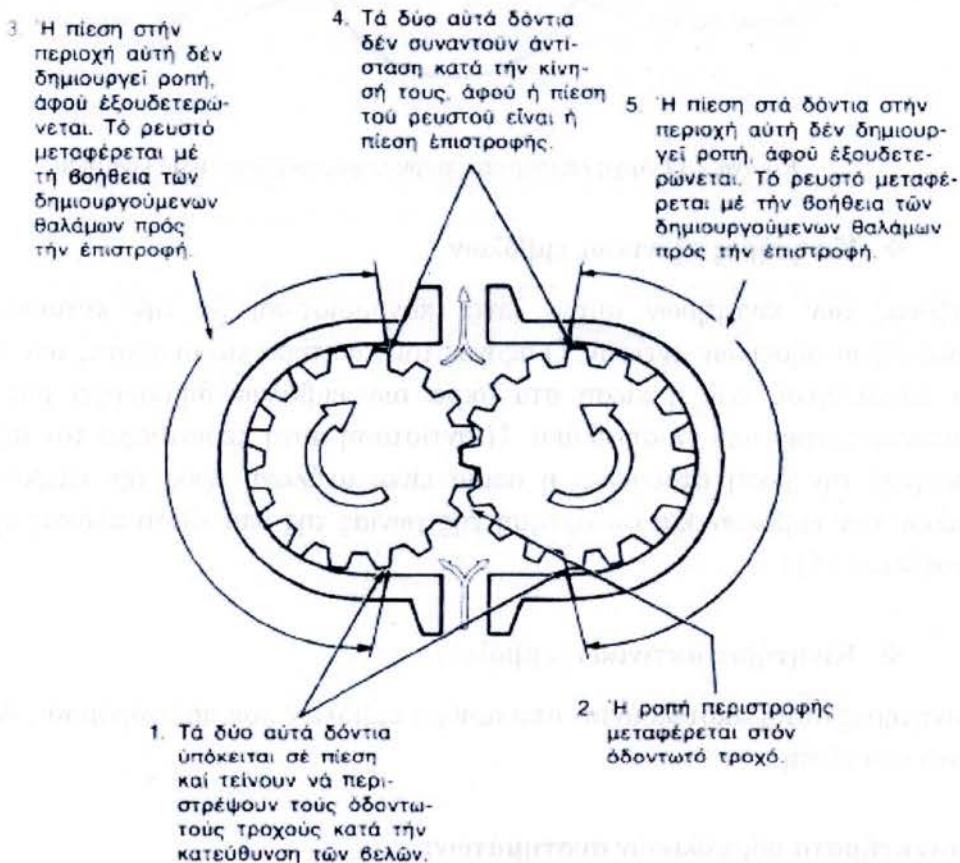
- Έχουν μικρό όγκο σε σχέση με την αποδιδόμενη ισχύ.
- Εκκινούν ακαριαία και αντιστρέφουν τη φορά περιστροφής τους.
- Έχουν τη δυνατότητα συνεχούς μεταβολής των στροφών τους.
- Και τέλος καλύπτουν μεγάλο φάσμα αποδόσεων.

Υπάρχουν κινητήρες σταθερού και μεταβαλλόμενου κυβισμού όπως και στις αντλίες. Οι κινητήρες σταθερού κυβισμού αποδίδουν σταθερή ροπή στρέψεως ανάλογη προς την πίεση του ρευστού και οι στροφές τους μεταβάλλονται με τη μεταβολή της παροχής. Ενώ οι κινητήρες μεταβαλλόμενου κυβισμού αποδίδουν μεταβαλλόμενη ροπή στρέψεως, ανάλογη προς την πίεση του ρευστού και τον κυβισμό τους.

Όπως και στις αντλίες έτσι και εδώ, οι κινητήρες χωρίζονται στις έξης κατηγορίες:

❖ Οδοντωτοί υδραυλικοί κινητήρες

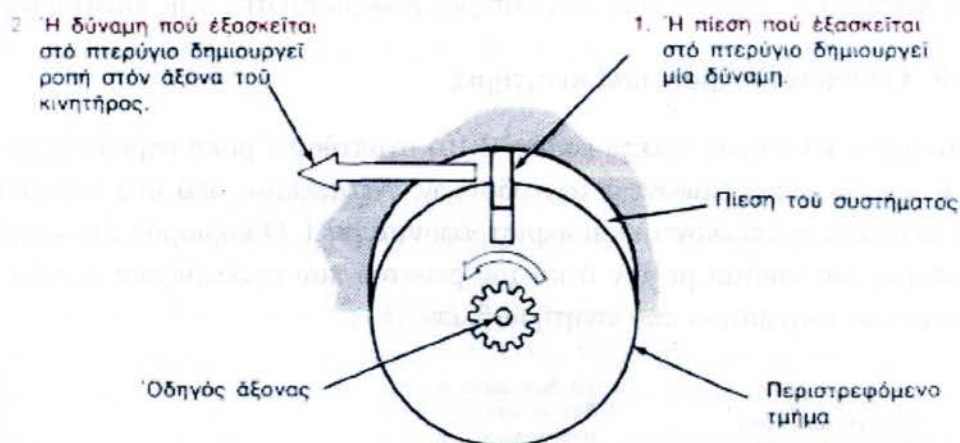
Ένας οδοντωτός κινητήρας (βλέπε εικόνα 2.10) αναπτύσσει ροπή στρέψεως με την εφαρμογή πίεσεως στην επιφάνεια των οδόντων. Αποτελείται από δυο οδοντωτούς τροχούς, οι οποίοι συμπλέκονται και περιστρέφονται μαζί. Ο κυβισμός του κινητήρα είναι σταθερός και ισούται με τον όγκο του ρευστού που εγκλωβίζεται μεταξύ των οδόντων και των τοιχωμάτων του κινητήρα(βλέπε {6}).



Εικόνα 2.11 Αρχή λειτουργίας οδοντωτού υδραυλικού κινητήρα

❖ Πτερυγιοφόροι υδραυλικοί κινητήρες

Η ροπή στρέψεως των πτερυγιοφόρων κινητήρων (βλέπε εικόνα 2.11), αναπτύσσεται με την εφαρμογή της πίεσεως του ρευστού στην μία επιφάνεια των πτερυγίων. Τα πτερύγια κινούνται ελεύθερα στις υποδοχές του περιστρεφόμενου τμήματος και εφάπτονται στην εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου. Η επαφή είναι τέτοια, ώστε η πίεση συγκρατείται στους χώρους που δημιουργούνται.



Εικόνα 2.12 Αρχή λειτουργίας πτερυγιοφόρου υδραυλικού κινητήρα

❖ Κινητήρες αξονικών εμβόλων

Ο άξονας των κινητήρων αυτών είναι πανομοιότυπη με την κατασκευή των εμβολοφόρων αξονικών αντλιών. Ο άξονας του κινητήρα και οι άξονες των εμβόλων είναι παράλληλοι, ενώ η πίεση στα άκρα των εμβόλων δημιουργεί μία δύναμη αντιστάσεως στην υπό κλίση πλάκα. Η αντίσταση αυτή περιστρέφει τον άξονα και δημιουργεί την ροπή στρέψεως, η οποία είναι ανάλογη προς την επιφάνεια των κεφαλών των εμβόλων και συνάρτηση της γωνίας της υπό κλίση πλάκας προς τον άξονα(βλέπε {5}).

❖ Κινητήρες ακτινικών εμβόλων

Οι κινητήρες αυτοί αποτελούνται από αριθμό εμβόλων που παλινδρομούν, δεχόμενα ρευστό υπό πίεση.

Πλεονεκτήματα υδραυλικών συστημάτων:

- Απαιτείται μικρός όγκος και μάζα των υδραυλικών κινητήρων σε σύγκριση με τους ηλεκτρικούς.
- Είναι ελαστικά πολύ άκαμπτα. Υπάρχει έτσι ευκολία στη σταθεροποίηση του φορτίου με μικρή κατανάλωση ενέργειας.
- Έχουν σχετικά μεγαλύτερη ταχύτητα αντίδρασης, στην οποία συντελεί η μεγάλη ακαμψία και οι μικρές μάζες.
- Οι μηχανισμοί των υδραυλικών συστημάτων είναι ανθεκτικοί στην υγρασία και στο διαβρωτικό περιβάλλον.
- Παρέχουν τη δυνατότητα άνετης μεταβολής των στροφών ενός άξονα μέχρι μηδενικής τιμής.

- Παρέχουν τη δυνατότητα, κατά βούληση, μεταβολής της χρήσιμης ροπής στρέψεως ή της δυνάμεως, με μεταβολή της πίεσεως λειτουργίας του συστήματος.

Μειονεκτήματα υδραυλικών συστημάτων:

- Υπάρχει πάντα ο κίνδυνος διαρροής και επειδή τα χρησιμοποιούμενα ρευστά ρυπαίνουν, δημιουργείται γύρω από το υδραυλικό σύστημα ρυπαρό περιβάλλον.
- Έχουν μεγάλη ευαισθησία στα παραμικρά ξένα σωματίδια, που θα υπεισέλθουν στο υδραυλικό ρευστό, επειδή οι ανοχές μεταξύ των σταθερών και κινητών μερών είναι πολύ μικρές λόγω των υψηλών πιέσεων λειτουργίας.
- Υπάρχει σχετικός κίνδυνος διάρρηξης του συστήματος λόγω της πολύ μεγάλης αποθηκευμένης ενέργειας.
- Σχετικό μειονέκτημα είναι και η αρκετά έντονη εξάρτηση του δυναμικού ιξώδους των χρησιμοποιούμενων ρευστών από τη θερμοκρασία τους(βλέπε {6}).

2.2.3 Εργαλειομηχανές CNC

Ιστορική αναδρομή

Αριθμητικός έλεγχος (Numerical Control) σημαίνει ακριβώς αυτό που υποδηλώνει ο όρος, δηλαδή έλεγχος μέσω αριθμών. Μία εργαλειομηχανή είναι αριθμητικώς ελεγχόμενη, όταν περιέχει λογικά κυκλώματα που μπορούν να την κινήσουν σύμφωνα με εντολές που δίνονται σε αυτή. Οι εντολές περιέχουν συντεταγμένες που ορίζουν την κίνηση του εργαλείου και πληροφορίες που ελέγχουν τα βοηθητικά συστήματα μιας εργαλειομηχανής. Μία σειρά τέτοιων αριθμητικών τιμών αποτελεί ουσιαστικά το πρόγραμμα αριθμητικού ελέγχου. Τα σημερινά συστήματα ελέγχου CNC (Computer Numerical Control) χρησιμοποιούν επιπρόσθετα αριθμητικές τιμές και για λειτουργίες όπως ο μετασχηματισμός συστημάτων συντεταγμένων, η διαχείριση πινάκων δεδομένων, η αντιστάθμιση διαμέτρου και μήκους εργαλείου κλπ.

Αυτές καθώς και επιπρόσθετες λειτουργίες γραφικών, επικοινωνίας με άλλους Η/Υ και περιφερειακά αντιδιαστέλλουν τον απλό αριθμητικό έλεγχο (NC) με αυτόν που βασίζεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (CNC). Σήμερα πλέον δεν υφίσταται NC με την αρχική του έννοια, αλλά απλά CNC και αυτό εννοούμε πλέον με τον όρο 'αριθμητικός έλεγχος'.

Το αρχικό κίνητρο για την ανάπτυξη του αριθμητικού ελέγχου, δόθηκε από τη βιομηχανία αεροπορικών κατασκευών για την αντιμετώπιση της ανάγκης κατασκευής εξαρτημάτων με διαρκώς αυξανόμενη γεωμετρική πολυπλοκότητα. Η ιστορική εξέλιξη της εφαρμογής αριθμητικού ελέγχου στις εργαλειομηχανές είναι η ακόλουθη:

- Το 1952 κατασκευάστηκε η πρώτη μηχανή αριθμητικού ελέγχου, μία Cincinnati Hydrotel, με κατακόρυφη άτρακτο, ταυτόχρονη κίνηση σε τρεις άξονες (3D γραμμική παρεμβολή), 400 περίπου διόδους στη μονάδα ελέγχου και ανάγνωση δεδομένων από διάτρητη ταινία.
- Το 1954 η εταιρία Bendix άρχισε βιομηχανική παραγωγή εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου.
- Το 1958 εμφανίστηκε η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου η APT σε συσχέτισμό με υπολογιστή IBM 704.
- Το 1960 αντικαταστάθηκαν ρελέ και δίοδοι της μονάδας ελέγχου με τρανζίστορ.
- Το 1965 αυτοματοποιήθηκε η αλλαγή εργαλείων.
- Το 1968 εφαρμόστηκαν ολοκληρωμένα κυκλώματα με άμεσο αντίκτυπο στο μέγεθος της μονάδας ελέγχου.
- Το 1969 εμφανίστηκε το πρώτο DNC - Standard Omnicontrol φυσικά σε υπολογιστή IBM.

- Το 1970 υλοποιήθηκε η αυτόματη αλλαγή παλετών.
- Το 1972 δημιουργήθηκε η πρώτη γενιά CNC σε mini υπολογιστές.
- Το 1976 άρχισαν να χρησιμοποιούνται πολλαπλοί επεξεργαστές στην αρχιτεκτονική των μονάδων ελέγχου, πράγμα που διευκόλυνε τη διεύρυνση των λειτουργιών που είναι εφικτές στην ίδια την εργαλειομηχανή (κυρίως ο προγραμματισμός της μηχανής).
- Το 1980 ο προγραμματισμός της εργαλειομηχανής υποστηρίζεται από γραφικά με κάποιο είδος προσομοίωσης στην ίδια τη μονάδα ελέγχου.
- Το 1985 ξεκίνησε η δημιουργία 'ανοιχτών' συστημάτων και τυποποιημένων πρωτόκολων επικοινωνίας για την ενσωμάτωση των εργαλειομηχανών σε περιβάλλον CIM.
- Το 1990 εμφανίστηκαν ψηφιακά interfaces μεταξύ μονάδας ελέγχου και μονάδας κίνησης που βελτίωσαν πολύ την ακρίβεια και τη δυναμική συμπεριφορά των αξόνων.
- Το 1993 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά λειτουργικό σύστημα Windows στη μονάδα ελέγχου(βλέπε {7}).

Βλέπουμε λοιπόν ότι, ο αριθμητικός έλεγχος και τα συστήματα CNC έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται πριν από αρκετές δεκαετίες. Η εφαρμογή τους έδωσε την πρώτη ιδέα για τη χρήση λογισμικού στον προγραμματισμό και τον έλεγχο της παραγωγής. Στα τελευταία είκοσι χρόνια οι υπολογιστές εξελίχθηκαν πάρα πολύ και έδωσαν ώθηση και στο λογισμικό που υποστηρίζει τις κατεργασίες. Η τεχνολογική εξέλιξη στο αντικείμενο του λογισμικού συστημάτων CNC είναι πολύ μεγάλη και πολύπλευρη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τομείς ελέγχου των κατασκευαστικών ανοχών και υποστήριξης φασεολογιών καθώς και η μετάφραση των σχεδιαστικών πακέτων σε εύχρηστη γλώσσα λογισμικού. Ξεχωριστό ενδιαφέρον παρουσιάζει βέβαια και η τεχνολογία της «αντίστροφης μηχανολογίας» (reverse engineering), που επιτρέπει πια την ακριβή αντιγραφή ενός τεμαχίου, είτε αυτό είναι πρωτότυπο είτε ένα πρότυπο καλούπι.

Σημειώνεται τέλος, ότι η κύρια και τεχνικά πιο απαιτητική εφαρμογή του αριθμητικού ελέγχου γίνεται σε εργαλειομηχανές κοπής, όπου τυπικά ένα εργαλείο ακολουθεί μη γεωμετρική τροχιά. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται αριθμητικός έλεγχος και σε εργαλειομηχανές διαμόρφωσης (ελασμάτων, σωλήνων κλπ), αλλά και σε μη συμβατικές μηχανές κατεργασιών, όπως η ηλεκτροδιάβρωση (βλέπε {w4}).

ο Τομείς χρησιμοποίησης εργαλειομηχανών CNC

Η κατασκευαστική τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια και έχει επιτύχει σημαντικές βελτιώσεις τόσο στην ποιότητα των κατασκευών, όσο και στην

παραγωγικότητα των κατεργασιών. Η αυτοματοποίηση στις εργαλειομηχανές που ξεκίνησε πριν από μερικές δεκαετίες με τα συστήματα CNC, έχει προχωρήσει πολύ με την ανάπτυξη ειδικού λογισμικού CNC και την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών ελέγχου, όπως ο οπτικός έλεγχος.

Από την άλλη πλευρά στο επίπεδο της μηχανολογίας σημαντικές εξελίξεις έχουν υπάρξει στην τεχνολογία των υλικών και των κοπτικών εργαλείων. Το τοπίο στο πεδίο των εργαλειομηχανών CNC έχει αλλάξει σε όλους τους τομείς των κατασκευών, είτε αυτοί αφορούν στη διαμόρφωση τεμαχίων είτε στην κατεργασία ελασμάτων.

Ο έλεγχος των μηχανών με αριθμητικό έλεγχο έχει επιφέρει επανάσταση στον κατασκευαστικό τομέα. Η τεχνολογία CNC μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος μηχανής ή οποιαδήποτε διαδικασία, η οποία απαιτεί καθοδήγηση από τον άνθρωπο.

Είναι γεγονός, ότι πολλοί βιομηχανικοί τομείς, χρησιμοποιούν μηχανές CNC. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να βελτιωθεί η παραγωγή και η ποιότητα των κατασκευών. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε ορισμένους τομείς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία και θα αναλύσουμε την χρησιμότητα της(βλέπε {7}).

❖ Στην βιομηχανία κατεργασίας μετάλλων

Μηχανουργικές παραδοσιακές κατεργασίες, γίνονται δυνατές στις συμβατικές εργαλειομηχανές (και σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα βελτιώνονται) με CNC κέντρα κατεργασίας, τα οποία περιλαμβάνουν όλα τα είδη επεξεργασίας (φρεζάρισμα προσώπου, φρεζάρισμα του περιγράμματος, φρεζάρισμα υποδοχής, κ.λπ.), γεώτρηση, συγκόλληση, διάτρηση και μετρητή διάτρησης.

Με παρόμοιο τρόπο, όλα τα είδη των τρνεντικών εργασιών, όπως η διάνοιξη οπών, η τρνενυση, η αυλάκωση, το σημείο εμπλοκής και το σπείρωμα, γίνονται σε κέντρα τρνενυσης με CNC.

Υπάρχουν πολλά είδη αυτών των δύο τύπων μηχανών, τα οποία περιλαμβάνουν CNC φρέζες, CNC τρυπάνια, και CNC τρνενους.

Οι δραστηριότητες λείανσης όλων των ειδών, όπως η λείανση εξωτερικής διαμέτρου και η λείανση εσωτερικής διαμέτρου, γίνονται επίσης σε CNC τροχιστές. Το CNC έχει ακόμη δημιουργήσει μια νέα τεχνολογία τροχισμού. Ο τροχισμός περιγράμματος (το να τροχίζεις δηλαδή το περίγραμμα, με παρόμοιο τρόπο όπως στην τρνενυση), ο οποίος στο παρελθόν ήταν ανέφικτος λόγω των περιορισμών της τεχνολογίας, είναι πλέον δυνατός (σχεδόν κοινός) με τροχιστικά CNC.

❖ Στην βιομηχανία παραγωγής μεταλλικών κατασκευών

Σε βιομηχανικούς όρους, η κατασκευή συνήθως αναφέρεται σε κατεργασίες που συνήθως πραγματοποιούνται σε σχετικά λεπτές πλάκες. Σκεφτείτε ένα ντουλάπι αρχειοθέτησης μετάλλων. Όλα τα κύρια συστατικά είναι κατασκευασμένα από λαμαρίνα. Αυτά τα φύλλα ψαλιδίζονται στο κατάλληλο μέγεθος, στη συνέχεια ανοίγονται τρύπες στις κατάλληλες θέσεις, και τέλος τα φύλλα στρατίζονται (σχηματίζονται) στο τελικό τους σχήμα. Επίσης, οι εργασίες που συνήθως αναφέρονται ως εργασίες κατασκευής, περιλαμβάνουν διάτμηση, κοπή πλάσματος, διάτρηση, κοπή με λείζερ, διαμόρφωση και συγκόλληση. Πραγματικά, το CNC χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό σχεδόν σε κάθε πτυχή αυτής της παραγωγής.

CNC εφοδιασμένα με παχύμετρα, χρησιμοποιούνται συνήθως στις κοπτικές μηχανές για τον έλεγχο του μήκους της πλάκας που κόβεται. Τα CNC λείζερ και κοπής πλάσματος χρησιμοποιούνται επίσης, για να φέρουν τις πλάκες στο τελικό τους σχήμα. Οι CNC πρέσες, μπορούν να χωρέσουν μια ποικιλία από καλουπωμένους συνδυασμούς και να ανοίξουν τρύπες σε όλα τα σχήματα και τα μεγέθη της πλάκας. Τέλος, οι στράτζες τύπου CNC, χρησιμοποιούνται για να κάμψουν τις πλάκες, διαμορφώνοντάς τες έτσι στο τελικό τους σχήμα.

Οι πολυαξονικές κατεργασίες των υλικών επιτυγχάνουν την κατασκευή σύνθετων μεταλλικών μορφών χωρίς νεκρούς χρόνους κοπής βελτιώνοντας την παραγωγικότητα των κατασκευαστικών συστημάτων. Κατά την πολυαξονική κατεργασία διάφορες φάσεις φρεζαρίσματος και τορνιρίσματος και διάφοροι τύποι κοπής, όπως σφηνοκοπή και ελικοειδής κοπή μπορούν να γίνουν με τη χρησιμοποίηση ενός και μόνου μηχανήματος που θα κατεργάζεται ένα τεμάχιο τοποθετημένο σε μια αρχική θέση κατεργασίας.

Στις πολυαξονικές κατεργασίες τέλος, είναι πιο εύκολο να προγραμματίσουμε κάθε μια συγκεκριμένη φάση χωριστά χρησιμοποιώντας τους X, Y, Z χωρίς να λάβουμε υπ' όψη την γωνία κοπής. Αυτό επιτυγχάνεται με την λειτουργία «Μετατόπιση Αρχής Προγράμματος» η οποία σε κάθε φάση μετατρέπει το σύστημα συντεταγμένων ανάλογα με την επιθυμητή γωνία κοπής.

❖ Στην βιομηχανία ηλεκτροδιάβρωσης

Ηλεκτροδιάβρωση (EDM), είναι η διαδικασία της αφαίρεσης μετάλλου μέσω της χρήσης των ηλεκτρικών σπινθήρων που καίνε το μέταλλο. Υπάρχουν δύο τύποι CNC EDM:

- Το κάθετο EDM
- Και το καλωδιωμένο EDM.

Το κάθετο EDM απαιτεί τη χρήση ενός ηλεκτροδίου (συνήθως κατασκευασμένο σε κέντρο κατεργασίας CNC), που έχει το σχήμα της κοιλότητας με αυτή που θέλουμε να διαμορφώσουμε το τελικό προϊόν. Φανταστείτε το σχήμα ενός πλαστικού μπουκαλιού, που πρέπει να κατασκευαστεί σε ένα καλούπι.

Το καλωδιωμένο EDM, χρησιμοποιείται συνήθως για το καλούπωμα διαφόρων εργαλείων, που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία κατεργασίας. Το EDM είναι ένα από τα λιγότερο γνωστά CNC, επειδή σχετίζονται τόσο στενά με την κατασκευή εργαλείων που χρησιμοποιούνται για άλλες διαδικασίες παραγωγής(βλέπε {w5}).

❖ Στην βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου

Όπως και στην βιομηχανία επεξεργασίας μετάλλου, τα μηχανήματα CNC χρησιμοποιούνται πλήρως στην ξυλουργική. Οι λειτουργίες τους, περιλαμβάνουν δρομολόγηση (παρόμοια με φρεζάρισμα) και γεωτρήσεις. Έτσι, πολλά κέντρα κατεργασίας ξύλου, μπορούν να κρατήσουν αρκετά εργαλεία και να εκτελούν διάφορες εργασίες πάνω στο κομμάτι προς κατεργασία.

ο Άλλοι τύποι μηχανών CNC

Πολλές βιομηχανίες επεξεργασίας χαρτιού και χαρακτηριστικής χρησιμοποιούν τεχνολογία CNC. Η Waterjet μηχανική, χρησιμοποιεί νερό με υψηλή πίεση αεροχειμάρρου για να διατρυπήσει τις πλάκες του υλικού.

Επίσης, το CNC χρησιμοποιείται και στην κατασκευή πολλών ηλεκτρικών εξαρτημάτων. Για παράδειγμα, υπάρχουν μηχανήματα CNC περιέλιξης πηνίου, και CNC θέσης τερματικού και μηχανήματα συγκόλλησης.

Ξεκινώντας τέλος, από την πιο κλασσική εργαλειομηχανή που είναι ο τόρνος, σημειώνουμε ότι η τεχνολογία NC εξακολουθεί να έχει ενδιαφέρον και στους μονοαξονικούς τόρνους. Μπορεί να ελέγξει πολλαπλούς γραμμικούς άξονες, πολλαπλές θέσεις εργαλείων με υψηλό επίπεδο εναλλασιμότητας για την παραγωγή και των πλέον σύνθετων εξαρτημάτων. Δίνει επίσης τη δυνατότητα όλοι οι συγκρατητές εργαλείων και τα εργαλεία να εναλλάσσονται ανάμεσα στα 2 συστήματα εργαλείων (άξονα & υποάξονα) με ταυτόχρονη κοπή από 2 εργαλεία. Μπορεί ακόμα να υποστηρίζει σύστημα απορρόφησης κραδασμών και να ελέγχει την επαρκή ροή και εκκένωση γρεζιού.

Οι σύγχρονοι τόρνοι αριθμητικού ελέγχου επιτυγχάνουν κατεργασίες αξόνων και φλαντζών μεγάλων ακριβειών και επαναληψιμότητας. Η τεχνολογία CNC τους δίνει τη δυνατότητα να έχουν εναλλακτικούς controllers με μύλο αυτόματης αλλαγής πολλών θέσεων καθώς επίσης και γρεζομεταφορέα.

Αναφορικά με τις φρέζες το αποτέλεσμα της εξέλιξης των συστημάτων CNC είναι να είναι πιο συμφέρουσα η ένταξη στην παραγωγική διαδικασία του φρεζαρίσματος σε

σχέση με παλιότερα. καθώς είναι δυνατή η κατασκευή με ακρίβεια και χαμηλό κόστος πολύ δύσκολων γεωμετρικά μορφών, πράγμα αδύνατο για τις κλασικές φρέζες.

Είναι αξιοσημείωτο ότι σήμερα υπάρχουν στην αγορά φρέζες CNC με παρόμοια μορφή με τις κλασικές φρέζες αλλά και μηχανές που κάνουν φρεζάρισμα αλλά δεν μοιάζουν καθόλου με φρέζες. Η εφαρμογή της φιλοσοφίας των συστημάτων CNC στις φρέζες επηρέασε σημαντικά τις παραγωγικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα:

- Έφερε στο προσκήνιο καινούργιες μηχανές που δουλεύουν με μεγάλες ταχύτητες
- Έδωσε τη δυνατότητα αυτόματης τροφοδότησης αλλά και ποιοτικού ελέγχου επί της μηχανής, η φρέζα από εργαλείο υποστήριξης γίνεται εργαλείο γραμμής παραγωγής.
- Περιορίσε την τεράστια ποικιλία των εργαλείων φρέζας (και το αντίστοιχο κόστος προμήθειας ή κατασκευής τους).
- Τα κοπτικά εργαλεία των φρεζών προτιμάται να είναι εναλλάξιμα πλακίδια από σκληρομέταλλο προκειμένου να εκμεταλλευτεί η σύγχρονη παραγωγική διαδικασία τις αυξημένες δυνατότητες των καινούργιων φρεζών(βλέπε {w5}).

2.3 Ορισμός της ελαφριάς Βιομηχανίας

Η ελαφριά βιομηχανία έχει συνήθως πιο μικρά επενδυτικά κεφάλαια από την βαριά βιομηχανία και είναι προσανατολισμένη προς τον καταναλωτή παρά προς τις επιχειρήσεις. Για παράδειγμα τα περισσότερα προϊόντα που παράγονται έχουν σαν αποδεκτή τον τελικό χρηστή και όχι άλλες βιομηχανίες για περαιτέρω επεξεργασία. Οι εγκαταστάσεις συνήθως έχουν μικρότερη επίπτωση προς το περιβάλλον σε σχέση με την βαριά βιομηχανία και για αυτό το λόγο συνήθως επιτρέπεται να υπάρχουν κοντά σε κατοικημένες περιοχές.

Ένας οικονομικός ορισμός λέει, πως η ελαφριά βιομηχανία είναι μια μεταποιητική δραστηριότητα η οποία χρησιμοποιεί μικρές ποσότητες μερικώς επεξεργασμένων υλικών για να παράγει προϊόντα σε υψηλές τιμές.

Παραδείγματα ελαφριάς βιομηχανίας περιλαμβάνουν την κατασκευή ρούχων, παπουτσιών, επίπλων καθώς και οικιακών συσκευών όπως είναι οι λευκές συσκευές(βλέπε {w6}).

2.3.1 Πνευματικά Συστήματα

Ο όρος “πνευματικά” προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη “πνεύμα”, που σημαίνει πνοή, αέρας, η ενέργεια του πνέω, φύσημα. Εξ αυτής και μέσω των αγγλοσαξόνων ο όρος χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα προκειμένου να κινήσουν κατάλληλους επενεργητές. Ο αέρας ως μέσο μεταφοράς ενέργειας, χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο, για να ενισχύσει τις φυσικές του δυνατότητες από την αρχαιότητα. Η κίνηση πλοίων, οι ανεμόμυλοι και η άντληση νερού είναι χαρακτηριστικές εφαρμογές του.

Οι πνευματικοί αυτοματισμοί είναι συστήματα, που χρησιμοποιούν τον πεπιεσμένο αέρα για τη λειτουργία μηχανημάτων και εξαρτημάτων. Τα ηλεκτροπνευματικά συστήματα χρησιμοποιούν, εκτός από τον αέρα, και το ηλεκτρικό ρεύμα. Η χρήση των πνευματικών συστημάτων εκεί είναι βοηθητική.

Πεπιεσμένο αέρα διαθέτει κάθε βιομηχανικού τύπου εγκατάσταση. Η παραγωγή του γίνεται με εμβολοφόρους ή κοχλιοφόρους συμπιεστές και υπάρχει συνήθως δίκτυο διανομής που περιλαμβάνει και αεροφυλάκιο.

Χρήση πεπιεσμένου αέρα σε εφαρμογές αυτοματισμού ενδείκνυται σε περιπτώσεις που έχουμε επενέργεια σε μικρά φορτία, θέλουμε μεγάλες ταχύτητες ή επιθυμούμε απλά μία φτηνή λύση στο πρόβλημά μας. Ο περιορισμός στα φορτία οφείλεται στο γεγονός ότι οι διαθέσιμες πιέσεις είναι το πολύ 10 bar. Τα πνευματικά συστήματα είναι ιδανική λύση για ένα μεγάλο εύρος περιπτώσεων αυτοματισμού.

Η παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα γίνεται στους αεροσυμπιεστές, και δια μέσου απλών σωληνογραμμών ή δικτύου παρέχεται στο σύστημα αυτοματισμού(βλέπε {6}).

Παραγωγή πεπιεσμένου αέρα

Η παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα (βλέπε εικόνα 2.12) γίνεται με μηχανές που ονομάζονται αεροσυμπιεστές. Οι αεροσυμπιεστές συμπιέζουν τον αέρα για να αποκτήσει την πίεση που απαιτείται για τη λειτουργία των εξαρτημάτων, ώστε να γίνουν προκαθορισμένες εργασίες. Ο πεπιεσμένος αέρας οδηγείται με σωληνώσεις σε αεροθάλαμο, όπου και αποθηκεύεται.

Τα κυριότερα μέρη μιας μονάδας παραγωγής πεπιεσμένου αέρα είναι:

- Ο αεροσυμπιεστής, που μπορεί να είναι εμβολοφόρος ή ροής.
- Ο ηλεκτρικός κινητήρας, που μπορεί να είναι μονοφασικός ή τριφασικός.
- Το αεροφυλάκιο, που είναι κατασκευασμένο από χάλυβα και έχει κυλινδρική μορφή, για να αντέχει σε εσωτερικές πιέσεις.

Υπάρχουν και άλλα εξαρτήματα τα οποία είναι πολύ σημαντικά για την σωστή επεξεργασία του πεπιεσμένου αέρα. Αυτά είναι :

- Το φίλτρο:

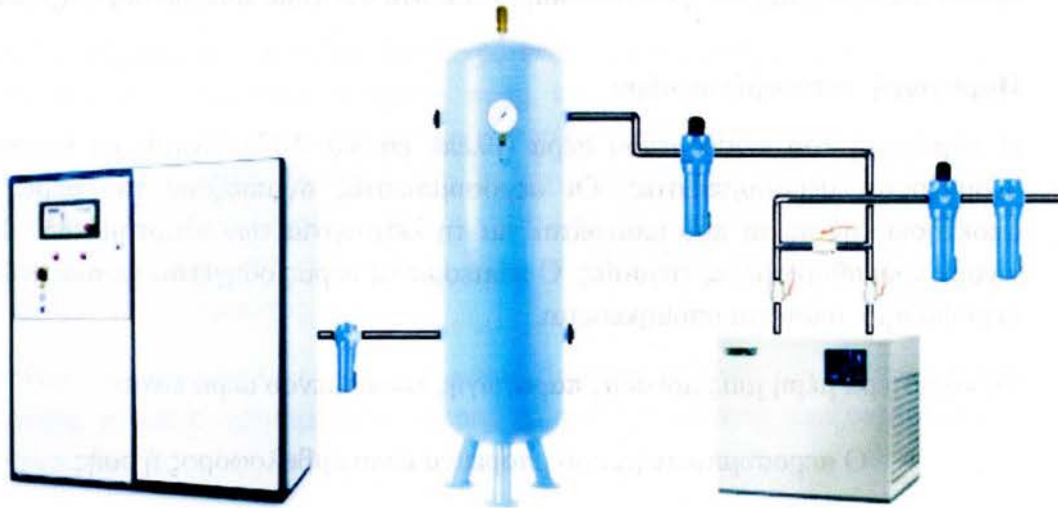
Φιλτράρει τον αέρα στην είσοδο του αεροσυμπιεστή ο οποίος περιέχει σκόνες, υγρασία, ρύπους και λάδια από την λίπανσή του.

- Ο ρυθμιστής πίεσης:

Ελέγχει την πίεση του αέρα μέσα στο αεροφυλάκιο.

- Ο λιπαντήρας:

Εμπλουτίζει τον πεπιεσμένο αέρα με λάδι για τη σωστή λίπανση των πνευματικών εργαλείων καθώς και την προστασία του κυκλώματος από την διάβρωση.



Εικόνα 2.13 Πλήρης διάταξη παραγωγής πεπιεσμένου αέρα

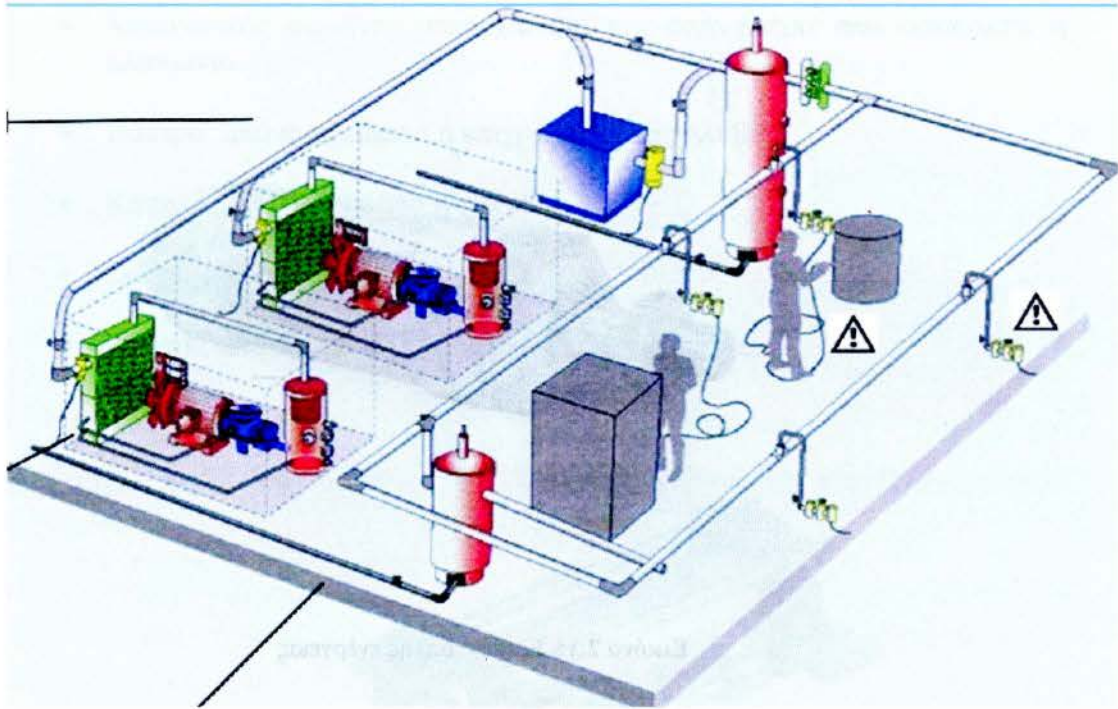
Δίκτυο διανομής πεπιεσμένου αέρα

Ο πεπιεσμένος αέρας στη βιομηχανία παράγεται και αποθηκεύεται σε κεντρικό σημείο (αεροθάλαμος) και οδηγείται με σωληνώσεις στις καταναλώσεις(βλέπε εικόνα 2.13).

Κατά τον σχεδιασμό των γραμμών μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα δίνεται προσοχή στα εξής:

- Τοποθέτηση σωλήνων με κλίση 1% ώστε να αποφεύγεται η μεταφορά υγρασίας.
- Η κεντρική γραμμή μεταφοράς να είναι κυκλική ώστε να μην υπάρχει πτώση πίεσης στο τέλος του δικτύου.
- Οι διακλαδώσεις να γίνονται από την κεντρική γραμμή.

Τέλος οι σωληνώσεις του δικτύου είναι κατασκευασμένες από χαλκό ή χάλυβα(βλέπε {6}).



Εικόνα 2.14 Τυπικό δίκτυο διανομής πεπιεσμένου αέρα

ο Έμβολα αέρος

Τα έμβολα αέρος είναι τα βασικά στοιχεία του πνευματικού αυτοματισμού. Είναι οι μηχανισμοί μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η παλινδρομική κίνηση με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα. Χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες, απλής και διπλής ενέργειας(βλέπε {w7}).

❖ Έμβολα απλής ενέργειας :

Στους κυλίνδρους απλής ενέργειας(βλέπε εικόνα 2.14), το έμβολο κινείται μόνο προς μια κατεύθυνση με την πίεση του αέρα και συνήθως επιστρέφει στην αρχική του θέση, με τη βοήθεια ενός ελατηρίου που υπάρχει στο εσωτερικό τους.

Αυτή η κατηγορία των εμβόλων έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Στο άκρο του βάκτρου υπάρχει σπείρωμα για να είναι πιο εύκολη η σύνδεση εξαρτημάτων.
- Τα καλύμματα του σωλήνα του εμβόλου κρατούνται σταθερά προσαρμοσμένα.
- Το μπροστινό κάλυμμα (τάπα) διαθέτει άνοιγμα και ελαστικό παρέμβυσμα για την διέλευση του βάκτρου.
- Το έμβολο είναι εφοδιασμένο με στεγανοποιητικό δακτύλιο για τη συγκράτηση του πεπιεσμένου αέρα.



Εικόνα 2.15 Έμβολο απλής ενέργειας

❖ Έμβολα διπλής ενέργειας :

Τα έμβολα διπλής ενεργείας (βλέπε εικόνα 2.15) είναι τα ποιο διαδεδομένα μεταξύ των εμβόλων. Η έξοδος του βάρκτρου αλλά και η είσοδος του επιτυγχάνεται με τη χρήση πεπιεσμένου αέρα.

Η παλινδρόμηση επιτυγχάνεται με εξάσκηση πίεσης σε μία από τις δύο βαλβίδες του εμβόλου και εκτόνωση στην άλλη, ώστε να υπάρχει διαφορά πίεσης επαρκής, ώστε να καλύψει την εξωτερική ασκούμενη δύναμη.

Η διαδρομή εισόδου του άξονα του εμβόλου διπλής ενέργειας, παράγει μικρότερη δύναμη σε σχέση με την διαδρομή εξόδου, λόγω του όγκου που καταλαμβάνει ο άξονας του εμβόλου.

Στις εφαρμογές των εμβόλων διπλής ενέργειας, επιλέγεται η διαδρομή εξόδου του βάρκτρου για παραγωγή μεγαλύτερης δύναμης, εκτός και αν αυτό δεν είναι κατασκευαστικά δυνατό.

Σε αυτά τα έμβολα, υπάρχει περίπτωση η πίεση του εξερχόμενου αέρα να είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, το οποίο οφείλεται σε στραγγαλισμό της εξόδου του αέρα για να επιτύχουμε μείωση της ταχύτητας.

Ένα πλεονέκτημα των εμβόλων διπλής ενέργειας, είναι ότι μπορούμε να επιτύχουμε μεγαλύτερες διαδρομές άξονα. Βέβαια και εδώ υπάρχουν περιορισμοί οι οποίοι οφείλονται στην κατασκευή αλλά και στην αντοχή των υλικών ενός εμβόλου(βλέπε {6}).

Τα κατασκευαστικά υλικά από τα οποία αποτελούνται τα έμβολα είναι τα εξής:

- Κυλινδρικός σωλήνας: από χάλυβα και σπανιότερα από ορείχαλκο ή αλουμίνιο.
- Βάκτρο: από ανοξείδωτο ή επιχρωμιωμένο χάλυβα.
- Καπάκια: από αλουμίνιο ή χάλυβα.
- Σφικτήρες: από χάλυβα.
- Οδηγοί: από ορείχαλκο με αντιτριάδικές ιδιότητες.

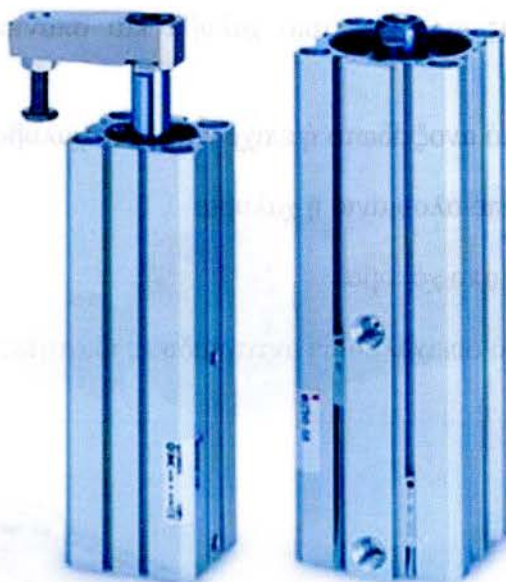


Εικόνα 2.16 Πνευματικό έμβολο διπλής ενέργειας

ο Πνευματικοί κινητήρες

Εκτός από γραμμική κίνηση υπάρχει η δυνατότητα και περιστροφικής αν η εφαρμογή το απαιτεί. Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε με πνευματικούς κινητήρες.

Οι πνευματικοί κινητήρες (βλέπε εικόνα 2.16) έχουν σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης σε σχέση με τους ηλεκτρικούς, έχουν όμως το μεγάλο πλεονέκτημα ότι μπορούν να υπερφορτιστούν ακόμα και να εξασκήσουν ροπή σε πολύ χαμηλές στροφές χωρίς πρόβλημα. Υπερτερούν ακόμη και σε κάποιες εφαρμογές χαμηλής ισχύος που απαιτούν πολύ υψηλές στροφές. Η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να μεταβληθεί με τη χρήση στραγγαλισμού στην παροχή αέρα του κινητήρα.



Εικόνα 2.17 Πνευματικός κινητήρας

Πλεονεκτήματα πνευματικών συστημάτων

- Παρέχουν εύκολη αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας.
- Παράγουν απλή και χαμηλού κόστους γραμμική κίνηση, με σχετικά μεγάλες ταχύτητες.
- Τα στοιχεία του αυτοματισμού είναι αντιαεκρηκτικά, δεν κινδυνεύουν από υπερφόρτωση και μπορούν να δουλέψουν και σε μη κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος.
- Διαθέτουν την δυνατότητα εύκολης ρύθμισης ταχύτητας και δύναμης.
- Δεν απαιτείται αγωγός επιστροφής του αέρα.
- Χαμηλό κόστος παραγωγής του πεπιεσμένου αέρα.
- Εύκολη μεταφορά του αέρα με σωληνώσεις εκεί που θέλουμε.

Μειονεκτήματα πνευματικών συστημάτων

- Υπάρχει κίνδυνος διάρρηξης του συστήματος λόγω της πολύ μεγάλης αποθηκευμένης ενέργειας.
- Έχουν μεγάλη ευαισθησία στα παραμικρά ξένα σωματίδια που θα εισέλθουν στον πεπιεσμένο αέρα.
- Η δημιουργία γραμμικής κίνησης είναι περιορισμένης απόστασης και περιορισμένης δύναμης(βλέπε {6}).

2.3.2 Ηλεκτρικοί Κινητήρες

Ιστορική Αναδρομή

Ο Ηλεκτρικός κινητήρας ή ηλεκτροκινητήρας, είναι διάταξη που χρησιμοποιείται για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια, που τυγχάνει εξαιρετικής εκμετάλλευσης από τις βιομηχανίες.

Η ανακάλυψη του νόμου της επαγωγής από τον Faraday, ο οποίος βασίστηκε στα πειράματα του Oersted και Ampere το 1820, βοήθησε το Γάλλο Hippolyte Pixii το 1832 να κατασκευάσει την πρώτη μηχανή συνεχούς ρεύματος ως γεννήτρια.

Ο ίδιος κατασκεύασε την ίδια χρονολογία και μια απλή γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος η οποία όμως δεν έγινε γνωστή.

Η πρώτη ηλεκτρική μηχανή του Pixii είχε συλλέκτη δυο τομέων για την ανόρθωση της εναλλασσόμενης τάσης που παράγονταν στους αγωγούς. Η κυμάτωση της ανορθωμένης τάσης ήταν πολύ μεγάλη.

Η πρώτη μηχανή συνεχούς ρεύματος με περιέλιξη τυμπάνου που τοποθετήθηκε μέσα στα λούκια του δρομέα και με συλλέκτη αρχικά δύο τομέων έγινε από τον Werner Von Siemens το 1856. Η κατασκευή αυτή έγινε αφορμή για την εξέλιξη των ηλεκτρικών μηχανών.

Το 1860 ο Pacinotti κατασκεύασε μηχανή που είχε το πλεονέκτημα της μικρής κυμάτωσης της ανορθωμένης τάσης. Η μηχανή αυτή εγκαταλείφτηκε σύντομα λόγω των μεγάλων τεχνοοικονομικών μειονεκτημάτων της δακτυλιοειδούς της περιέλιξης.

Ο τύπος της μηχανής συνεχούς ρεύματος που επικράτησε τελικά ήταν αυτός του F. V. Hefner – Alteneck το 1872 που είχε περιέλιξη τυμπάνου και συλλέκτη με πολλούς τομείς.

Σήμερα είναι γνωστό, ότι για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται εναλλασσόμενο ρεύμα. Παρόλα αυτά όμως οι μηχανές συνεχούς ρεύματος κατέχουν ένα σημαντικό μέρος στην ηλεκτρική κίνηση πολύ μικρών, μικρών, μεσαίων και μεγάλων ισχύων(μέχρι 8MW) (βλέπε {9}).

Θεωρία ηλεκτρικών κινητήρων

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούν μια κατηγορία στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών. Το βασικό στοιχείο μιας στρεφόμενης ηλεκτρικής μηχανής είναι η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε μηχανική μορφή και αντίστροφα. Υπάρχουν τρεις τρόποι λειτουργίας των ηλεκτρικών μηχανών. Η λειτουργία τους σαν κινητήρες, σαν γεννήτριες και σαν πέδες.

Στην ηλεκτροτεχνία οι κινητήρες και οι γεννήτριες ρεύματος είναι μηχανήματα αντίστοιχης δομής και αντίστροφης λειτουργίας. Σε μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική και αυτό εκφράζεται με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ στους κινητήρες το ηλεκτρικό ρεύμα μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.

Η λειτουργία τόσο των ηλεκτρικών γεννητριών όσο και των ηλεκτρικών κινητήρων στηρίζεται στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Με βάση λοιπόν το φαινόμενο της επαγωγής, όταν ένας αγωγός (δηλαδή ένα αγωγίμο ηλεκτρικά υλικό) κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε μέσα στον αγωγό αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή δηλαδή ηλεκτρικό δυναμικό το οποίο είναι και το αίτιο εμφάνισης ηλεκτρικού ρεύματος στον αγωγό. Στους κινητήρες αντίστοιχα αξιοποιείται ένα άλλο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.

Όταν ένας αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα βρεθεί μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε στον αγωγό αυτό ασκείται από το μαγνητικό πεδίο μια δύναμη που τείνει να τον κινήσει. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, την ένταση του μαγνητικού πεδίου, αλλά και το μήκος του αγωγού. Σημειώνεται πως η φορά της ασκούμενης στον αγωγό δύναμης αντιστρέφεται, είτε αν αλλάξει η φορά του ρεύματος, είτε αν αντιστραφεί η πολικότητα του μαγνητικού πεδίου.

Οι ηλεκτροκινητήρες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος και στους κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος, οι οποίοι καλύπτουν και την πλειοψηφία των εφαρμογών. Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος με τη σειρά τους διακρίνονται σε μονοφασικούς και πολυφασικούς. Τόσο οι μονοφασικοί όσο και οι πολυφασικοί κινητήρες διακρίνονται σε σύγχρονους κινητήρες και σε κινητήρες επαγωγής ή ασύγχρονους(βλέπε {w9}).

ο **Κινητήρες συνεχούς ρεύματος**

Όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, αναπτύσσεται σε αυτόν από το μαγνητικό πεδίο δύναμη που τείνει να τον κινήσει προς ορισμένη κατεύθυνση.

Κάθε μηχανή συνεχούς ρεύματος (βλέπε εικόνα 2.17) αποτελείται από το ακίνητο μέρος, το οποίο ονομάζεται στάτης και από το κινητό μέρος, το οποίο ονομάζεται δρομέας.

Ο στάτης είναι το συγκρότημα των ακίνητων τμημάτων της μηχανής και έχει ως κύριο προορισμό του να δημιουργεί καθορισμένη μαγνητική ροή.

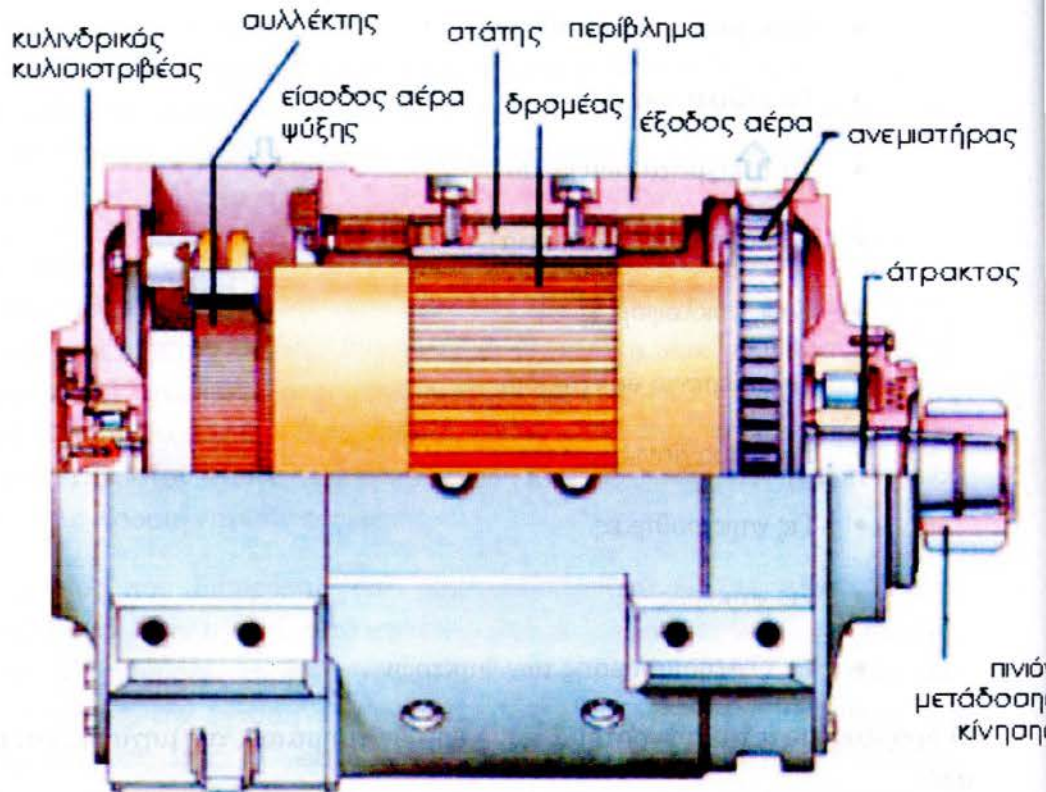
Ο στάτης αποτελείται από:

- Το ζύγωμα.

- Τους μαγνητικούς πόλους.
- Τα πέδιλα των πόλων.
- Τα τυλίγματα των πόλων.
- Τα καλύμματα (καπάκια).
- Τους κυκλοφορείς.
- Τα σιδερένια δακτυλίδια.
- Τους βραχίονες.
- Τις ψηκτροθήκες.
- Τις ψήκτρες.
- Τα ελατήρια πίεσης των ψηκτρών.

Ο δρομέας είναι το συγκρότημα των κινητών τμημάτων της μηχανής και αποτελείται από:

- Τον άξονα.
- Τον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου.
- Το τυλίγμα του επαγωγικού τυμπάνου.
- Το συλλέκτη.
- Τον ανεμιστήρα.
- Την πλήμνη.



Εικόνα 2.18 Τομή ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος

Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος που λειτουργούν ως κινητήρες, ονομάζονται κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Η ίδια ηλεκτρική μηχανή είναι δυνατόν να λειτουργεί τόσο ως γεννήτρια, όσο και ως κινητήρας, γεγονός που προσδιορίζεται αποκλειστικά από τη φορά ροής της ισχύος.

Στις βιομηχανικές χώρες, οι ηλεκτρικοί κινητήρες καταναλώνουν περίπου το 65% της συνολικής διαθέσιμης ενέργειας. Το 8% αυτής της κατανάλωσης οφείλεται σε κινητήρες συνεχούς ρεύματος, που χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα ελεγχόμενης λειτουργίας. Το υπόλοιπο, μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας, καταναλώνεται από κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος που λειτουργούν συνήθως με μη ελεγχόμενες ταχύτητες περιστροφής. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος εμφανίζονται πολύ συχνά σε εφαρμογές όπου απαιτούνται μεγάλες μεταβολές στην ταχύτητα περιστροφής. Σε τέτοιες εφαρμογές ελέγχου της ταχύτητας οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι πραγματικά αζεπέραστοι. Ακόμα και όταν δεν είναι διαθέσιμη μια πηγή συνεχούς ρεύματος, συνήθως χρησιμοποιούνται ηλεκτρικοί ανορθωτές ή κυκλώματα μετατροπής σταθερής τάσης, με συνεχή τάση μεταβλητής τιμής(βλέπε {9}).

ο **Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος**

Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος λόγω της απλότητας της κατασκευής τους, του χαμηλού κόστους, της ελάχιστης συντήρησης και της μεγάλης συγκέντρωσης ισχύος, είναι οι πιο διαδεδομένοι κινητήρες στη βιομηχανία.

Ονομάζονται διαφορετικά και επαγωγικοί κινητήρες, γιατί το ρεύμα διέγερσης του δρομέα δημιουργείται από επαγωγή αντί να παρέχεται με ηλεκτρική σύνδεση από κάποια πηγή.

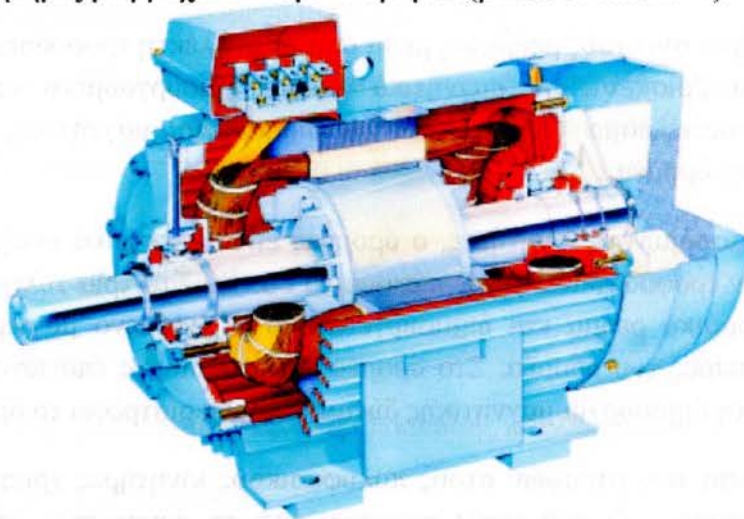
Οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες.

- Τους τριφασικούς κινητήρες.
- Και τους μονοφασικούς κινητήρες.

ο **Τριφασικοί κινητήρες**

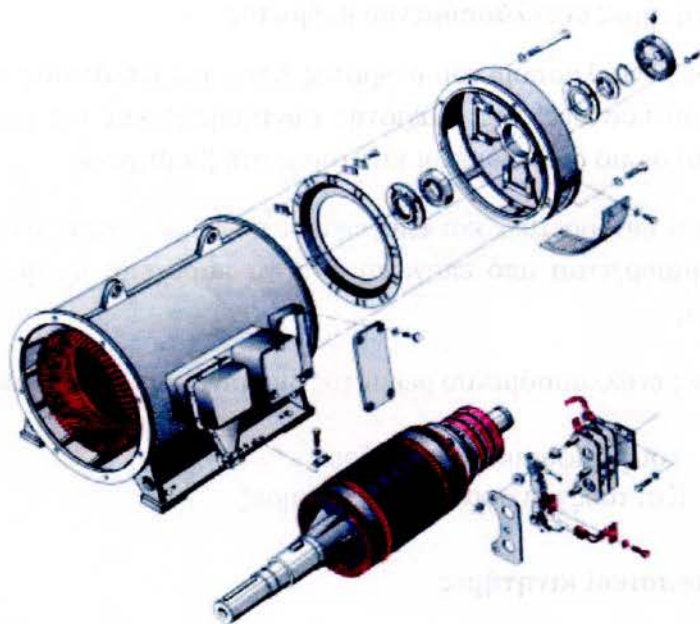
Ανάλογα με την κατασκευή του δρομέα, οι κινητήρες διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα (βλέπε εικόνα 2.18).



Εικόνα 2.19 Κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα

- Κινητήρες με δακτυλιοφόρο δρομέα (βλέπε εικόνα 2.19).



Εικόνα 2.20 Κινητήρας με δακτυλιοφόρο δρομέα

Στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος μέσα από το συλλέκτη τροφοδοτείται με ρεύμα ο δρομέας που βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο δημιουργούμενο από το τύλιγμα διέγερσης. Αποτέλεσμα αυτών είναι η δημιουργία μαγνητικής δύναμης που περιστρέφει το δρομέα.

Στους εναλλασσόμενους κινητήρες, ο δρομέας είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητος από το στάτη και δεν τροφοδοτείται με ρεύμα από το δίκτυο. Στα τρία τυλίγματα του στάτη δίνουμε τριφασικό ρεύμα και δημιουργείται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που τέμνει τις σπείρες του δρομέα. Στο δρομέα αναπτύσσονται επαγωγικά ρεύματα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μαγνητικής δύναμης που περιστρέφει το δρομέα.

Για τη ρύθμιση των στροφών στους πολυφασικούς κινητήρες χρησιμοποιούμε ένα ρυθμιστή στροφών. Ο ρυθμιστής στροφών έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει τη συχνότητα του ρεύματος.

Χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρικό ρυθμιστή επιτυγχάνουμε εκτός από την ρύθμιση των στροφών και τα εξής επίσης σημαντικά:

- Ομαλή εκκίνηση.
- Ομαλή πέδηση.
- Αύξηση της ροπής εκκίνησης.
- Δυνατότητα αυτόματης ή προγραμματιζόμενης ρύθμισης.
- Δυνατότητα αλλαγής φοράς περιστροφής χωρίς επιπλέον διακόπτες.

- Εξοικονόμηση ενέργειας.
- Αυξημένη προστασία του κινητήρα.

Στη βιομηχανία σήμερα, σε πάρα πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούνται ρυθμιστές στροφών, λόγω της σημαντικής βελτίωσης και αύξησης των δυνατοτήτων τους αλλά και λόγω της σημαντικής πτώσης των τιμών τους.

ο Μονοφασικοί κινητήρες

Τα περισσότερα σπίτια αλλά και μικρές επιχειρήσεις δεν έχουν τη δυνατότητα χρήσης τριφασικής ισχύος. Σε αυτές τις περιπτώσεις όλοι οι κινητήρες θα πρέπει να λειτουργούν με τροφοδοσία από μονοφασικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Αυτή η κατηγορία κινητήρων ονομάζεται μονοφασική(βλέπε εικόνα 2.20).

Το κύριο γνώρισμα των κινητήρων αυτών είναι ότι, αν τεθούν σε λειτουργία με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου ,τότε θα συνεχίζουν να περιστρέφονται έστω και αν το τύλιγμα τους τροφοδοτείται με μονοφασικό ρεύμα, το οποίο δεν δημιουργεί περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Οι μονοφασικοί κινητήρες διαθέτουν όμοιο δρομέα με αυτό των πολυφασικών και διαφέρουν στον στάτη τους, μιας και εκτός από το κύριο και βοηθητικό τύλιγμα διαθέτει και άλλα εξαρτήματα και στοιχεία που τους βοηθούν να εκκινήσουν. (βλέπε {9})

Ανάλογα με τα στοιχεία που διαθέτουν χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Κινητήρες με πυκνωτή εκκίνησης και πυκνωτή λειτουργίας.
- Κινητήρες με μόνιμο πυκνωτή (εκκίνησης και λειτουργίας).
- Κινητήρες με αντίσταση.
- Κινητήρες με βραχυκυκλωμένες σπείρες στο στάτη.



Εικόνα 2.21 Μονοφασικός κινητήρας

Εφαρμογές

Οι ηλεκτροκινητήρες όπως όλοι γνωρίζουμε χρησιμοποιούνται για να δώσουν κίνηση σε μια σχεδόν απεριόριστη γκάμα μηχανισμών . Καλύπτουν μια τεράστια σειρά εφαρμογών από τα μηχανήματα οικιακής χρήσης μέχρι τις μεγαλύτερες και πολυπλοκότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος καλύπτουν το μεγαλύτερο όγκο εφαρμογών στη βιομηχανία. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα σε σχέση με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι μπορούν να προσφέρουν πολύ μεγαλύτερη ισχύ για το ίδιο μέγεθος κινητήρα. Επίσης ο βαθμός απόδοσης τους είναι αρκετά μεγάλος και η οικονομικότητά τους ως προς την κατανάλωση ρεύματος ικανοποιητική, με συνέπεια να επιλέγονται για εφαρμογές όπου έχουμε μηχανήματα πολύ μεγάλης ισχύος που εργάζονται στο βιομηχανικό πεδίο σε συνεχή βάση.

Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι αντλίες και οι συμπιεστές με πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις τα πολύ μεγάλα φυγοκεντρικά μηχανήματα (είτε αντλίες είτε συμπιεστές) η ισχύς των οποίων μπορεί να είναι της τάξης μέχρι και ενός (η περισσότερων) MW. Ωστόσο και τα βιομηχανικά μηχανήματα μικρής ισχύος και όχι ειδικών απαιτήσεων στην πλειοψηφία τους ενεργοποιούνται από ηλεκτροκινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος.

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος λόγω του ότι διαθέτουν μεγάλη ευκολία στον έλεγχο της ταχύτητας του άξονά τους προσφέρουν σημαντική ευκολία στον αξιόπιστο έλεγχο των κινήσεων σε βιομηχανισμούς μηχανισμούς που ενεργοποιούνται από αυτούς. Ένα δεύτερο βασικό τους πλεονέκτημα σε σχέση με τους κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος είναι ότι για δεδομένη ισχύ έχουν τη δυνατότητα να αναπτύσσουν σημαντικά μεγαλύτερη μηχανική ροπή στο άξονα τους με αποτέλεσμα να είναι οι πλέον κατάλληλοι για τον έλεγχο των κινήσεων σε βιομηχανικούς μηχανισμούς, στους οποίους χρειάζεται να διαχειριστούν σημαντικά μηχανικά φορτία(βλέπε {w9}).

2.3.3 Ρομπότ

Ο όρος ρομπότ προέρχεται από μια τσέχικη λέξη η οποία σημαίνει καταναγκαστική εργασία. Επινοήθηκε από τον ΚάρελΚαπέκ, έναν θεατρικό συγγραφέα, ο οποίος εφεύρε ρομπότ τέρατα, επιστημονικής φαντασίας.

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια διάκρισης και αντίστοιχες κατηγοριοποιήσεις των ρομπότ. Μία από αυτές είναι η διάκρισή τους σε τρεις, επί του παρόντος, "γενιές".

- Στην πρώτη γενιά κατατάσσονται ρομπότ με περιορισμένη ευελιξία, που διευθύνονται από τον άνθρωπο, όπως π.χ. οι απλοί "χειριστές", σχετικά απλά εργαλεία που επιτρέπουν π.χ. τη μετακίνηση επικίνδυνων αντικειμένων (π.χ. ραδιενεργών υλικών).
- Στη δεύτερη γενιά κατατάσσονται τα ρομπότ που είναι εφοδιασμένα με σταθερό πρόγραμμα δράσης και ρομπότ που λαμβάνουν εντολές από κάποιο σύστημα αριθμητικού ελέγχου.
- Στην τρίτη γενιά κατατάσσονται ρομπότ που είναι εφοδιασμένα :
 - α) με αισθητήριες "πληροφορίες" από το περιβάλλον,
 - β) με διάταξη επεξεργασίας των πληροφοριών και
 - γ) με κινητήριο σύστημα εκτέλεσης εργασιών.

Η υιοθέτηση ρομποτικών συστημάτων γίνεται κυρίως στο πλαίσιο της αυτοματοποίησης των διαδικασιών στα τελικά στάδια της παραγωγής και συσκευασίας (end-of-line), δηλαδή κατά τον εγκιβωτισμό και την παλετοποίηση των προϊόντων. Τα πρώτα συστήματα εγκαταστάθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990 και από τότε ο αριθμός τους αυξάνεται συνεχώς, προσφέροντας πολλαπλά οφέλη όσον αφορά τη μείωση του κόστους και την αύξηση της αποδοτικότητας(βλεπε {w10}).

Η χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας για την αυτοματοποίηση των τελικών σταδίων της παραγωγής και συσκευασίας βοηθά τις βιομηχανικές επιχειρήσεις:

- να μειώσουν σημαντικά το κόστος παραγωγής,
- να διατηρήσουν υψηλές ταχύτητες παραγωγής με ασφαλή χειρισμό των προϊόντων,
- να προσαρμοστούν εύκολα στις διακυμάνσεις της ζήτησης,
- να αποκτήσουν ευελιξία κατά τη διαχείριση πολλών διαφορετικών συσκευασιών,
- να ελαχιστοποιήσουν το ανθρώπινο σφάλμα,

- να βελτιώσουν τις συνθήκες εργασίας (ασφάλεια εργαζομένων, ασθένειες λόγω ανύψωσης βάρους),
- να εναρμονιστούν με τους κανονισμούς ασφαλείας (π.χ. μέγιστο επιτρεπτό βάρος κιβωτίου που διαχειρίζεται ένας εργαζόμενος),
- και τέλος να διασφαλίσουν την ποιότητα των προϊόντων.

Τα βιομηχανικά ρομπότ παρέχουν ταχύτητα και ακρίβεια κινήσεως, επομένως συμβάλουν στη μείωση του χρόνου παραγωγής και επομένως του κόστους των παραγόμενων προϊόντων. Μειώνονται επίσης σημαντικά οι νεκροί χρόνοι και εξασφαλίζονται αυξημένοι, σταθεροί και προβλέψιμοι ρυθμοί παραγωγής, εξασφαλίζοντας έτσι την εύρυθμη λειτουργία της παραγωγής.

Βλέπουμε επίσης ότι, τα ρομποτικά συστήματα δεν επηρεάζονται από παράγοντες όπως η κόπωση, οι άσχημες και επικίνδυνες συνθήκες εργασίας, επομένως εξασφαλίζουν σταθερή ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Δεδομένου ότι είναι εφικτό να εργάζονται συνεχώς, είναι εύκολο να καλυφθούν εποχιακές εξάρσεις της ζήτησης ή επείγουσες παραγγελίες.

Επιπλέον, τα βιομηχανικά ρομπότ είναι μηχανισμοί που μπορούν να κινηθούν σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου εργασίας τους, υπό τον έλεγχο προγράμματος Η/Υ. Επομένως, παρέχουν εξαιρετική ευελιξία για χειρισμό διαφορετικών προϊόντων, ενώ απαιτούνται ελάχιστες ρυθμίσεις σε περιφερειακό εξοπλισμό κατά την αλλαγή από το ένα προϊόν στο άλλο. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σήμερα, που η ποικιλία των προϊόντων είναι μεγάλη και οι παρτίδες παραγωγής είναι σχετικά μικρές και εναλλάσσονται συχνά. Επίσης δεδομένου ότι δεν υπάρχουν πολλές ρυθμίσεις δεν υπάρχει και απώλεια (φύρα) προϊόντος μέχρι να ρυθμιστεί σωστά η μηχανή κατά την εναλλαγή.

Οι ρομποτικοί βραχίονες είναι μηχανισμοί που παράγονται σε σειρές παραγωγής από μεγάλους κατασκευαστικούς οίκους επομένως είναι δοκιμασμένες και αξιόπιστες λύσεις, που αρκεί να προσαρμοστούν στις ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής. Επομένως, το ρομποτικό σύστημα είναι αξιόπιστο και χωρίς «παιδικές ασθένειες», ενώ μειώνεται σημαντικά τόσο το κόστος όσο και ο χρόνος ανάπτυξης της λύσης, σε σχέση με συμβατικές αυτόματες μηχανές. Επιπλέον και οι ανάγκες συντήρησης είναι μειωμένες, ενώ τα πληρέστατα διαγνωστικά μηνύματα διευκολύνουν την ταχεία αποκατάσταση βλαβών.

Δεδομένου ότι ο ρομποτικός βραχίονας μπορεί να προσαρμοστεί για διάφορες εφαρμογές, είναι απολύτως εφικτό να ξαναχρησιμοποιηθεί όταν ο κύκλος ζωής του αρχικού προϊόντος κλείσει. Επομένως, παρέχεται προστασία της βασικής επένδυσης που έγινε στην αγορά του μηχανήματος, γεγονός εξαιρετικά σημαντικό σήμερα, που η διάρκεια ζωής κάθε προϊόντος είναι σχετικά σύντομη(βλέπε {w12}).

Οι συνηθέστερες εφαρμογές ρομποτικών συστημάτων στη βιομηχανία είναι οι εξής:

- Συσκευασία και παλετοποίηση προϊόντων (π.χ. βιομηχανία τροφίμων, ποτών, χημικών)
- Συγκόλληση μεταλλικών αντικειμένων και μηχανημάτων (π.χ. έπιπλα, οχήματα)
- Βαφή επίπλων και μεταλλικών προϊόντων
- Φόρτωση και εκφόρτωση αυτομάτων μηχανών παραγωγής (π.χ. CNC, injection moulding, laser cutting, στραντζών)
- Συναρμολόγηση ηλεκτρομηχανικών και ηλεκτρονικών προϊόντων

ο Συσκευασία

Στη συσκευασία τα ρομποτικά συστήματα χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές εγκιβωτισμού και φόρτωσης προϊόντων σε δοχεία.

- Εγκιβωτισμός



Εικόνα 2.22 Ρομπότ το οποίο μεταφέρει μπουκάλια από ταινιόδρομο

Σε εφαρμογές εγκιβωτισμού μπουκαλιών, προϊόντων αρτοποιίας αλλά και φαρμακευτικών προϊόντων, συνήθως χρησιμοποιούνται ρομπότ 2, 4 ή 6 αξόνων αρθρωτού τύπου ή τύπου SCARA (βλέπε εικόνα 2.21), τα οποία προσφέρουν μεγάλη ταχύτητα (έως και 50 κινήσεις το λεπτό) και ευελιξία.

Η μεγάλη ταχύτητα των ρομπότ είναι δυνατό σε ορισμένες περιπτώσεις να κάνει περιττή τη χρήση διανομέων για το σχηματισμό ορόφου πριν τον εγκιβωτισμό, προσφέροντας έτσι απλότητα και ευκολία στην αλλαγή προϊόντων.

Συχνά οι ρομποτικοί βραχίονες μπορούν να συνεργάζονται με συστήματα τεχνητής όρασης (Vision) για τον εντοπισμό των προς συσκευασία προϊόντων, που κινούνται πάνω σε μεταφορική ταινία. Τυπικές εφαρμογές, είναι η συσκευασία μπισκότων ή σοκολατιδιών σε πλαστικές θήκες (blisters) ή χάρτινα κουτιά. Εφαρμογές αυτού του τύπου, προσφέρουν μέγιστη ευελιξία και ταχύτητα αλλαγής προϊόντος, καθώς και δυνατότητες παραγωγής συσκευασιών που περιέχουν διαφόρων τύπων παρεμφερή προϊόντα (π.χ. σοκολατίδια) (βλέπε {w11}).

- Φόρτωση & αποφόρτωση προϊόντων σε δοχεία – καρότσια

Σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων, είναι απαραίτητη η φόρτωση των παραγόμενων προϊόντων σε ειδικά δοχεία ή καρότσια, έτσι ώστε να υποστούν κάποιες ενδιάμεσες διεργασίες πριν την τελική συσκευασία τους. Τυπικό παράδειγμα, είναι η διαδικασία αποστείρωσης με κλιβανισμό. Στις εφαρμογές αυτές, τα ρομπότ που χρησιμοποιούνται είναι 4 ή 6 βαθμών ελευθερίας και συνήθως εφοδιάζονται με αρπάγη που συλλαμβάνει πολλά προϊόντα ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας παραγωγής.

Τα ρομπότ σε τέτοιες εφαρμογές υποκαθιστούν περισσότερους του ενός ανθρώπους, εξασφαλίζοντας σταθερό ρυθμό παραγωγής και καλύτερη εκμετάλλευση του κυρίως παραγωγικού μηχανήματος, το οποίο μπορεί πλέον να λειτουργεί στη βέλτιστη ταχύτητα σχεδιασμού του, χωρίς συχνές διακοπές λόγω συσσώρευσης προϊόντων στην έξοδό του.

- Παλετοποίηση



Εικόνα 2.23 Ρομπότ παλετοποίησης κιβωτίων

Οι εφαρμογές παλετοποίησης είναι ένας χώρος όπου τα ρομπότ προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, αφού είναι σε θέση να χειρίζονται μεγάλα και βαριά φορτία χωρίς κόπωση. Τα ρομποτικά συστήματα χρησιμοποιούνται για την παλετοποίηση χαρτοκιβωτίων, χαρτόδισκων, πλαστικών τελάρων, σακίων, κουβάδων και βαρελιών(βλέπε εικόνα 2.22). Βρίσκουν εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων, οικοδομικών υλικών, χρωμάτων, πλαστικών κ.λπ.

Τυπικά, ένας ρομποτικός βραχίονας σε εφαρμογή παλετοποίησης είναι 4 ή 6 βαθμών ελευθερίας με ονομαστικό φορτίο από 100 έως 450 κιλά. Φέρει αρπάγη κατάλληλη για τη λήψη πολλών «κιβωτίων» ταυτόχρονα, έτσι ώστε να αυξάνεται ο ρυθμός παραγωγής. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ένας ρομποτικός βραχίονας μπορεί να καλύπτει έως και πέντε γραμμές παραγωγής χτίζοντας ταυτοχρόνως αντίστοιχες παλέτες. Κάτι τέτοιο είναι αδύνατο για έναν κλασικό παλετοποιητή στρώσης (layerpalletiser).

Ένα τυπικό ρομποτικό κύτταρο παλετοποίησης περιλαμβάνει:

- Ρομποτικό βραχίονα (συνήθως 4 αξόνων) με τον ελεγκτή του.
- Αρπάγη του ρομπότ.
- Σύστημα προσαγωγής κιβωτίων και διατάξεις ομαδοποίησης τους.
- Αποθήκη κενών παλετών.
- Ραουλοδρόμους μεταφοράς γεμάτων παλετών.
- Βαγονέτο μεταφοράς ετοιμών παλετών.
- Μηχανή τύλιξης παλετών (stretchwrapping).
- Σύστημα σήμανσης παλετών με ετικέτες ή RFID.
- Κεντρικό πίνακα αυτοματισμού (με PLC κτλ) και το χειριστήριο.
- Σύστημα ασφαλείας (φράκτης, φωτοκύτταρα ασφαλείας κτλ).

Με αυτό τον τρόπο, το ρομποτικό σύστημα μπορεί να καλύψει πλήρως την τελευταία φάση της παραγωγής, παραλαμβάνοντας έτοιμα κιβώτια και παράγοντας τελειωμένες, τυλιγμένες και σημασμένες παλέτες.

Βλέπουμε ότι, ρομποτικά συστήματα παλετοποίησης χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών, στη χημική βιομηχανία (χρώματα, ορυκτέλαια), στη βιομηχανία τσιμέντου και οικοδομικών υλικών. Επίσης είναι εφικτή η χρήση τους σε εφαρμογές αποπαλετοποίησης σακίων, πλαστικών τελάρων ή κιβωτίων για τροφοδοσία παραγωγικών μηχανών (π.χ. τροφοδοσία πρώτης ύλης πλαστικών) (βλέπε {w11}).

○ Συγκόλληση



Εικόνα 2.24 Ρομπότ το οποίο κάνει συγκόλληση τόξου

Η συγκόλληση (βλέπε εικόνα 2.23) ρομπότ είναι μια σχετικά νέα ρομποτική εφαρμογή. Ακόμα κι αν τα ρομπότ εισήχθησαν αρχικά στην αμερικανική βιομηχανία κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '60, η χρήση των ρομπότ στη συγκόλληση δεν απογειώθηκε μέχρι τη δεκαετία του '80, όταν άρχισε η αυτοκίνητη βιομηχανία την χρήση των ρομπότ εκτενώς, για τη συγκόλληση σημείων. Από τότε, και ο αριθμός ρομπότ που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία και ο αριθμός αιτήσεών τους έχουν αυξηθεί πολύ. Το Cary και Helzer προτείνουν ότι, από το 2005, περισσότερα από 120.000 ρομπότ χρησιμοποιούνται στη βορειοαμερικανική βιομηχανία, εκ των οποίων τα μισά είναι σχετικά με τη συγκόλληση.

Η συγκόλληση τόξων, με την χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος, δημιουργεί ένα ηλεκτρικό τόξο μεταξύ ενός ηλεκτροδίου και του υλικού βάσεων, για να λιώσει τα μέταλλα στη συγκόλληση. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν είτε συνεχές ρεύμα είτε εναλλασσόμενο ρεύμα και αναλώσιμα ή non-consumable ηλεκτρόδια. Η περιοχή συγκόλλησης προστατεύεται μερικές φορές από κάποιο τύπο αδρανούς ή ημιαδρανούς αέριου, γνωστός ως «αέριο προστατευτικών καλυμμάτων», ή από ένα εξατμιζόμενο υλικό πλήρωσεως.

Πιο συγκεκριμένα, ο ρομποτικός βραχίονας (έξι βαθμών ελευθερίας) φέρει στο άκρο του εργαλείο συγκόλλησης (συγκολλητικό πυρσό MIG ή TIG), το οποίο μετακινεί κατάλληλα ώστε να συγκολλήσει τα προς κατεργασία τεμάχια. Συνήθως χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτείται συγκόλληση σε τρεις διαστάσεις (π.χ. μεταλλικά έπιπλα, τμήματα οχημάτων ή μηχανημάτων, δοχεία, λέβητες). Σε επίπεδες συγκολλήσεις προτιμούνται απλούστερα μηχανήματα.

Ο ρομποτικός βραχίονας είναι συνδεδεμένος με τη μηχανή συγκόλλησης ρυθμίζοντας μέσω προγράμματος τη λειτουργία και τις παραμέτρους της, ανάλογα με το εκάστοτε κατεργαζόμενο τεμάχιο και τον εκτελούμενο τύπο συγκόλλησης (ανεβατό, κατεβατό κ.λπ.). Σε ειδικές περιπτώσεις είναι εφικτή η παρακολούθηση και καταγραφή των παραμέτρων συγκόλλησης κατά τη διάρκεια της παραγωγής, για λόγους πιστοποίησης της ποιότητας της συγκόλλησης.

Συχνά στο ρομποτικό κύτταρο περιλαμβάνονται μηχανισμοί ενός, δύο ή τριών βαθμών ελευθερίας (αξόνων) για την περιστροφή και κατάλληλη τοποθέτηση του προς συγκόλληση τεμαχίου. Οι μηχανισμοί αυτοί ελέγχονται από τον ελεγκτή του ρομποτικού βραχίονα και μπορούν να κινούνται σε συγχρονισμό με αυτόν.

Ρομποτικά συστήματα συγκόλλησης, χρησιμοποιούνται συνήθως για συγκόλληση σημείων αντίστασης και συγκόλληση τόξων στις υψηλές εφαρμογές παραγωγής, όπως στην αυτοκινητοβιομηχανία, τις μεταλλικές κατασκευές, την κατασκευή οχημάτων και μηχανημάτων.

Τα σημαντικότερα συστατικά των ρομπότ συγκόλλησης τόξων, είναι ο χειριστής ή η μηχανική μονάδα και ο ελεγκτής, ο οποίος ενεργεί ως ο «εγκέφαλος» του ρομπότ. Ο χειριστής, είναι αυτός που κάνει το ρομπότ να κινηθεί, και το σχέδιο αυτών των συστημάτων μπορεί να ταξινομηθεί σε διάφορους κοινούς τύπους, όπως Ρομπότ SCARA και καρτεσιανό ισότιμο ρομπότ, τα οποία χρησιμοποιούν τα διαφορετικά ισότιμα συστήματα για να κατευθύνουν τα όπλα της μηχανής.

Αξιοσημείωτο είναι ότι, η διαδικασία της συγκόλλησης τόξων, χρησιμοποιείται ευρέως λόγω των χαμηλών κύριων και τρεχουσών δαπανών της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να έχει αρχίσει να αυξάνει τους ρυθμούς παραγωγής και ήδη να διατάζει περίπου 20% των βιομηχανικών εφαρμογών ρομπότ.

Είναι πολύ σημαντικά, γιατί προσφέρουν βέλτιστη ακρίβεια και ταχύτητα συγκόλλησης, ενώ εξασφαλίζουν άριστη και σταθερή ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και μείωση των νεκρών χρόνων.

Τέλος, λόγω της καλής όψης της συγκόλλησης, μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος διορθώσεων και φινιρίσματος (τροχίσματος) του προϊόντος(βλέπε {w13}).

ο Κοπή

Ο ρομποτικός βραχίονας (συνήθως έξι βαθμών ελευθερίας), φέρει στο άκρο του εργαλείο κοπής (κεφαλή PLASMA, LASER, ή WATER JET) την οποία μετακινεί κατάλληλα ώστε να κόψει τμήματα από το προς κατεργασία τεμάχιο. Συνήθως χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτείται κοπή σε τρεις διαστάσεις (π.χ. κοπή τμημάτων από πλαστικούς προφυλακτήρες αυτοκινήτων). Σε επίπεδες κοπές προτιμούνται απλούστερα σερβοελεγχόμενα μηχανήματα.

Ο ρομποτικός βραχίονας επίσης, είναι συνδεδεμένος με τη μηχανή κοπής ρυθμίζοντας μέσω προγράμματος τη λειτουργία και τις παραμέτρους της, ανάλογα με το εκάστοτε κατεργαζόμενο τεμάχιο. Ρομποτικά συστήματα κοπής προσφέρουν βέλτιστη ακρίβεια και ταχύτητα κοπής, ενώ εξασφαλίζουν άριστη και σταθερή ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Ρομποτικά συστήματα κοπής χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία πλαστικών, μεταλλικών κατασκευών, επίπλων καθώς και σε εφαρμογές επεξεργασίας τροφίμων (κοπή προϊόντων κρέατος).

ο Βαφή



Εικόνα 2.25 Ρομπότ ηλεκτροστατικής βαφής

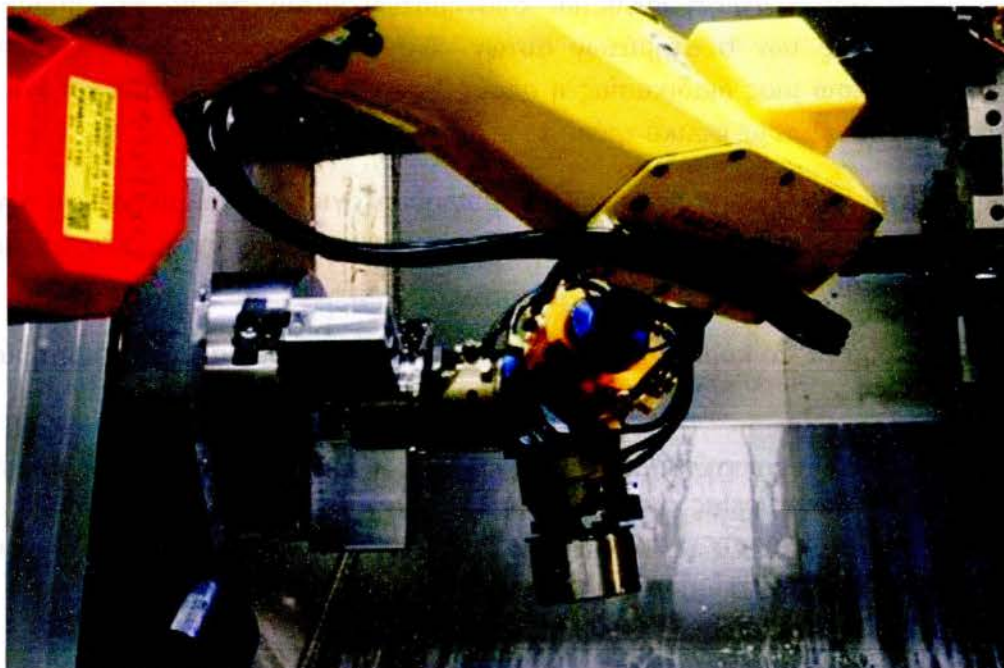
Ο ρομποτικός βραχίονας (συνήθως έξι βαθμών ελευθερίας) φέρει στο άκρο του εργαλείο βαφής (υγρής ή ηλεκτροστατικής) το οποίο μετακινεί κατάλληλα, ώστε να βάψει το προς κατεργασία τεμάχιο(βλέπε εικόνα 2.24).

Ο ρομποτικός βραχίονας ελέγχει τις παραμέτρους του εργαλείου βαφής (π.χ. αναλογία αέρα-χρώματος, πλάτος δέσμης κ.λπ.) ρυθμίζοντας μέσω προγράμματος τη λειτουργία του, ανάλογα με το εκάστοτε κατεργαζόμενο τεμάχιο. Συχνά επίσης, στα ρομποτικά σύστημα περιλαμβάνονται διατάξεις αυτόματης εναλλαγής χρωμάτων, ανάμειξης χρωμάτων δύο συστατικών, αυτόματου καθαρισμού του εργαλείου βαφής κ.λπ. Με κατάλληλη επιλογή εξοπλισμού, είναι εφικτή η χρήση υδατοδιαλυτών χρωμάτων ή χρωμάτων διαλύτη. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ρομπότ βαφής για χρώματα διαλύτη πρέπει να είναι ειδικού αντεκρηκτικού τύπου.

Σήμερα η χρήση ρομπότ για βαφή στην αυτοκινητοβιομηχανία, τη βιομηχανία μεταλλικών κατασκευών και τη βιομηχανία επίπλων είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη. Τα

ρομποτικά συστήματα βαφής προσφέρουν ευελιξία, βέλτιστη ακρίβεια και ταχύτητα, οικονομία υλικού βαφής, ενώ εξασφαλίζουν άριστη και σταθερή ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

- **Φόρτωση & Αποφόρτωση μηχανών παραγωγής**



Εικόνα 2.26 Ρομπότ φορτοεκφόρτωσης τήρνου

Η φόρτωση και εκφόρτωση αυτομάτων μηχανών παραγωγής (π.χ. CNC, injection moulding, lasercutting, CNC στραντζών), είναι μια συνηθισμένη χρήση των ρομποτικών συστημάτων (βλέπε εικόνα 2.25). Σε εφαρμογές αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται ρομπότ 3, 4 ή 6 βαθμών ελευθερίας καρτεσιανής ή αρθρωτής γεωμετρίας.

Συχνά ένα ρομπότ, κινούμενο σε γραμμική σερβοελεγχόμενη τροχιά, μπορεί να εξυπηρετεί περισσότερες μηχανές. Σε πολλές περιπτώσεις το ρομπότ είναι αναρτημένο σε βάση πάνω από τη μηχανή, ώστε να είναι ελεύθερος ο χώρος προσπέλασης του χειριστή για ρυθμίσεις της μηχανής και αλλαγή ιδιοσυσκευών.

Σε αυτό τον τύπο εφαρμογών, το ρομπότ προσφέρει ακρίβεια στην τοποθέτηση του προς κατεργασία τεμαχίου και μειώνει σημαντικά το χρόνο αλλαγής τεμαχίου, εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη αξιοποίηση της κύριας μηχανής παραγωγής μέσω της μείωσης των νεκρών χρόνων.

2.4 Αυτοματοποιημένη παραγωγή

2.4.1 Εισαγωγή συστημάτων αυτοματισμού στην βιομηχανία

Η τεράστια ανάπτυξη της τεχνολογίας κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα είχε σαν αποτέλεσμα την εισαγωγή σύνθετων συστημάτων αυτοματισμού στη βιομηχανία. Βασικός σκοπός των συστημάτων αυτών είναι η προσφορά προϊόντων που θα παράγονται μέσω μιας διαδικασίας η οποία θα παρέχει ασφάλεια στο χρήστη αλλά και θα αντιμετωπίζει με φιλικό τρόπο το περιβάλλον.

Η δημιουργία και η ευρεία χρήση των μικροϋπολογιστών και μικροελεγκτών στη βιομηχανία απέφερε την κατασκευή αξιόπιστων συστημάτων υψηλής ταχύτητας και προπάντων, χαμηλού κόστους.

Πιο συγκεκριμένα, το κυρίαρχο οικονομικό μοντέλο του 20ου αιώνα χαρακτηρίστηκε από:

- Την γιγάντωση της βαριάς βιομηχανίας και την μαζική παραγωγή προϊόντων και αγαθών ευρείας κατανάλωσης.
- Την εκμηχάνιση και την εισαγωγή αυτοματισμών στην παραγωγική διαδικασία.
- Την ανάπτυξη τεχνικών διοίκησης ανθρώπινου δυναμικού.
- Την εμφάνιση νέων μεθόδων χρηματοδότησης των επενδύσεων.
- Την συνεχή αναδιαμόρφωση των συστημάτων παραγωγής.

Στη δεκαετία του 1980 υπήρξε αλματώδης ανάπτυξη της εφαρμογής βιομηχανικών αυτοματισμών, η οποία συνδέεται με την πρόοδο των ηλεκτρονικών και ιδιαίτερα της μικροηλεκτρονικής. Έτσι έγιναν ιδιαίτερα προσιτά εξελιγμένα συστήματα αυτοματισμών πράγμα που βοήθησε στη διεύθυνσή τους σε μεσαίες και μικρές βιομηχανικές επιχειρήσεις. Οι βιομηχανικοί αυτοματισμοί οδήγησαν σε θεμελιώδεις αλλαγές στην οργάνωση της παραγωγής, βελτίωση της παραγωγικότητας και της ενδοεπιχειρησιακής οικονομίας και κάθετη ολοκλήρωση ιδιαίτερα μεταξύ μεγάλων και μικρών παραγωγικών επιχειρήσεων. Οι παλιές μέθοδοι της οργάνωσης παραγωγής, όπως η μαζική παραγωγή αντικαταστάθηκαν από νέες οι οποίες χαρακτηρίζονται από εύκαμπτη παραγωγή βάση σε μηχανήματα γενικής χρήσης και ειδικευμένους χειριστές. Οι βέλτιστες αναλογίες παραγωγής ανά προϊόν έφεψαν, ενώ ταυτόχρονα γινόταν οικονομικά εφικτό να παράγεται μεγάλη γκάμα προϊόντων. Οι μεγάλες επιχειρήσεις αποκέντρωσαν ένα σημαντικό τμήμα των παραγωγικών δραστηριοτήτων τους δημιουργώντας μικρές ειδικευμένες παραγωγικές μονάδες. Από το 1970 η πρόοδος της μικροηλεκτρονικής οδήγησε στην ταχεία ανάπτυξη και βελτίωση των εργαλειομηχανών, καθώς και άλλων παραγωγικών μηχανών για τη βιομηχανία.

Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν οι εργαλειομηχανές με έλεγχο από υπολογιστή (CNC), τα πρώτα βιομηχανικά ρομπότ, προγράμματα για σχεδιασμό προϊόντων σε

υπολογιστές (CAD/CAE), προγράμματα για έλεγχο διεργασιών παραγωγής CAM, αυτόματα συστήματα αποθήκευσης και πολλά άλλα. Οι νέες αυτές τεχνολογίες προσέφεραν πολλά στις παραγωγικές βιομηχανίες. Το βασικότερο όμως στοιχείο ήταν η ευκαμψία της παραγωγής. Η ευκαμψία ορίζεται σε σχέση με την ικανότητα της ταχείας αλλαγής της παραγωγής σε μεγαλύτερη γκάμα προϊόντων από ό,τι πριν. Αυτή η δυνατότητα προέκυψε από την ικανότητα των μηχανών να προγραμματίζονται και έτσι, να αλλάζουν την εργασία που εκτελούν με εύκολο, γρήγορο και ανέξοδο τρόπο.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των νέων αυτών τεχνολογιών είναι η δυνατότητα ενοποίησης στην παραγωγική αλυσίδα διαφορετικών μηχανημάτων και εξοπλισμού. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές προσφέρουν τη δυνατότητα της αποθήκευσης και επεξεργασίας μεγάλου όγκου πληροφοριών με ακριβή και ιεραρχικό τρόπο, ενώ ταυτόχρονα ελέγχουν διάφορα μηχανήματα και όλη την παραγωγή. Οι αυξημένες δυνατότητες ελέγχου επέτρεψαν την ολοκλήρωση περισσότερων λειτουργιών σε κάθε μηχανή ή/και περισσότερων μηχανών σε μια διεργασία παραγωγής προσφέροντας μάλιστα μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια.

Γενικά η έρευνα για την αντικατάσταση του εργάτη από τη μηχανή πέρασε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση η προσπάθεια εστιάστηκε στην αντικατάσταση της χειρωνακτικής εργασίας και διήρκεσε από τα μέσα του 18ου αιώνα ως τις αρχές του 20ού. Στη δεύτερη φάση, οι βιομηχανικοί αυτοματισμοί αποσκοπούσαν στη μεταφορά μερικών από τις αποφάσεις που έπαιρνε ένας χειριστής σε αυτοματισμό κλειστού βρόγχου ελέγχου. Αυτή αναπτύχθηκε πρώτα σε βιομηχανίες διακριτής παραγωγής (από το 1920) και εξαπλώθηκε αργότερα σε αυτές της συνεχούς ροής παραγωγής (από το 1960). Οι βιομηχανικοί αυτοματισμοί έγιναν όμως τεχνικά και οικονομικά βιώσιμοι μόνο μετά από την ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής και των σχετιζόμενων με αυτήν τεχνολογιών.

Βρισκόμαστε λοιπόν στην εποχή των ραγδαίων εξελίξεων όπου η τεχνολογία αναπτύσσεται με πολύ γοργούς ρυθμούς, θέτοντας νέα πρότυπα στις μηχανουργικές κατεργασίες για μεγαλύτερη ποιότητα κατασκευής αλλά και ταυτόχρονα βελτίωση των συνθηκών εργασίας.

Ο μηχανουργός του αιώνα μας, πολύ γρήγορα ξεπέρασε το στάδιο των χειροκίνητων κατεργασιών και έχει μπει στη συστηματική χρήση των ψηφιακών καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών, π.χ. φρέζες και τόρνοι CNC, δημιουργώντας ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για διαστατική ακρίβεια και ακρίβεια μορφής των προϊόντων του. Η εξέλιξη αυτή έχει συνεισφέρει στην αύξηση της ποιότητας κατασκευής αλλά και στη μείωση του κόστους και του χρόνου κατεργασίας. Πολύπλοκες μηχανουργικές κατεργασίες πραγματοποιούνται ταυτόχρονα σε πολλές πλευρές του κατεργαζόμενου τεμαχίου, χωρίς την αλλαγή του δεσίματός του και αυτό χάρη στην πολυαξονική καθοδήγηση των σύγχρονων εργαλειομηχανών και ιδιαίτερα των κέντρων κατεργασίας(βλέπε {w15}).

2.4.2 Αυτοματοποίηση Γραμμής Παραγωγής

Αυτοματοποίηση ή βιομηχανική αυτοματοποίηση, είναι η χρήση συστημάτων ελέγχου και πληροφοριακών τεχνολογιών, για να ελαττώσουν την ανάγκη της ανθρώπινης εργασίας στην παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών. Από την μεριά της βιομηχανοποίησης, η αυτοματοποίηση είναι ένα βήμα προς την μηχανοποίηση. Ενώ η μηχανοποίηση προσφέρει στους χειριστές μια μηχανική υποστήριξη για να τους βοηθήσει με την χειρονακτική εργασία, η αυτοματοποίηση μειώνει την αναγκαιότητα του ανθρώπινου παράγοντα.

Το πιο ορατό κομμάτι της μοντέρνας αυτοματοποίησης είναι τα βιομηχανικά ρομπότ.

Μερικά πλεονεκτήματα της αυτοματοποίησης είναι:

- Η επαναληψιμότητα.
- Ο πιο αυστηρός ποιοτικός έλεγχος.
- Η μείωση των αποβλήτων.
- Ολοκληρωμένα επιχειρησιακά συστήματα.
- Αυξημένη παραγωγικότητα.
- Και μείωση της ανθρώπινης εργασίας.

Μερικά μειονεκτήματα είναι:

- Οι υψηλές απαιτήσεις σε κεφάλαιο.
- Μείωση της ευελιξίας.
- Αυξημένη εξάρτηση από την συντήρηση και επισκευή.

Για παράδειγμα η Ιαπωνία αναγκάστηκε να βάλει στην άκρη αρκετά από τα βιομηχανικά-ρομπότ της, όταν παρατηρήθηκε πως ήταν αδύναμα στην προσαρμογή κατά την αλλαγή της παραγωγής όπου αυτό δεν δικαιολογούταν από το αρχικό κόστος τους.

Μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα, η αυτοματοποίηση δεν ήταν αρκετά διαδεδομένη, και χρησιμοποιούνταν για απλές παραγωγικές δραστηριότητες. Ο στόχος της αυτοματοποίησης έγινε δυνατός με την εισαγωγή των ψηφιακών υπολογιστών στη βιομηχανία. Πλέον ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε δραστηριότητα. Οι ψηφιακοί υπολογιστές που είχαν τον απαιτούμενο συνδυασμό ταχύτητας, ισχύς, τιμής, και μεγέθους άρχισαν να εμφανίζονται στη δεκαετία του 1960. Μέχρι τότε οι υπολογιστές ήταν στην πλειοψηφία τους αναλογικοί. Από τότε οι υπολογιστές έχουν καταλάβει τον έλεγχο της συντριπτικής πλειοψηφίας των απλών,

επαναλαμβανόμενων εργασιών, και όλο και περισσότερο ημι-ειδικευμένων και εξειδικευμένων εργασιών, με ένα μέρος της παραγωγής τροφίμων και επιθεώρησης να είναι μια αξιοσημείωτη εξαίρεση. Όπως είπε κάποιος: “Για πάρα πολλές ταχέως μεταβαλλόμενες εργασίες, είναι δύσκολο να αντικατασταθεί ο άνθρωπος, ο οποίος μπορεί εύκολα να επανεκπαιδευτεί μέσα σε ένα ευρύ φάσμα καθηκόντων και, επιπλέον, είναι σχεδόν ανέξοδη η παραγωγή από ανειδίκευτο εργατικό δυναμικό”.

Υπάρχουν ακόμα αρκετές εργασίες οι οποίες δεν κινδυνεύουν άμεσα από την αυτοματοποίηση. Καμία συσκευή δεν έχει εφευρεθεί ακόμα, που να μπορεί να αντικαταστήσει το ανθρώπινο μάτι στην ορθότητα και την ακρίβεια πολλών καθηκόντων ή το ανθρώπινο αυτί. Ομολογουμένως ο άνθρωπος μπορεί να αναγνωρίσει και να προσδιορίσει περισσότερες μυρωδιές από οποιαδήποτε αυτοματοποιημένη μηχανή. Η ανθρώπινη λογική κατά την αναγνώριση εικόνων, ήχων αλλά και η ομιλία είναι κάτι που δεν έχει υλοποιηθεί ακόμα από τους μηχανικούς αυτοματισμού.

Εξειδικευμένοι πιο συμπαγείς υπολογιστές, που ονομάζονται λογικοί ελεγκτές PLC (programmable logic controllers), χρησιμοποιούνται συχνά για να συγχρονίσουν τη ροή των εισόδων από αισθητήρια και γεγονότα με τη ροή των εξόδων στα έμβολα και σε άλλες μηχανές. Αυτό οδηγεί σε ελεγχόμενες με ακρίβεια ενέργειες σε σχεδόν οποιαδήποτε βιομηχανική διαδικασία ή μηχανή.

Διεπαφές ανθρώπου-μηχανής (HMI) ή διεπαφές υπολογιστή-ανθρώπου (CHI), συχνά χρησιμοποιούνται για να επικοινωνήσουν οι άνθρωποι με τα PLC ή με τους υπολογιστές. Για παράδειγμα όταν εισάγουν ή ελέγχουν θερμοκρασίες ή πιέσεις για περαιτέρω αυτοματοποιημένο έλεγχο ή όρια κίνδυνου(βλέπε {w16}).

2.4.3 Συστήματα DCS

Η ανάγκη για τον συγκεντρωτικό έλεγχο και πληροφόρηση της παραγωγικής διαδικασίας γεννήθηκε μαζί με την επανάσταση του αυτοματισμού. Η σταδιακή μείωση του ανθρώπινου παράγοντα στην παραγωγή και η αντικατάστασή του με σύνθετους αυτοματισμούς, έφερε την ανάγκη για συστήματα ελέγχου και πληροφόρησης τα οποία θα έδιναν την δυνατότητα της συνολικής επιτήρησης της διαδικασίας παραγωγής. Το πρόβλημα ήταν ιδιαίτερα εμφανές σε μεγάλες εγκαταστάσεις με πολύπλοκες διαδικασίες και πολλαπλά στάδια επεξεργασίας ή σύνθετα συστήματα παραγωγής.

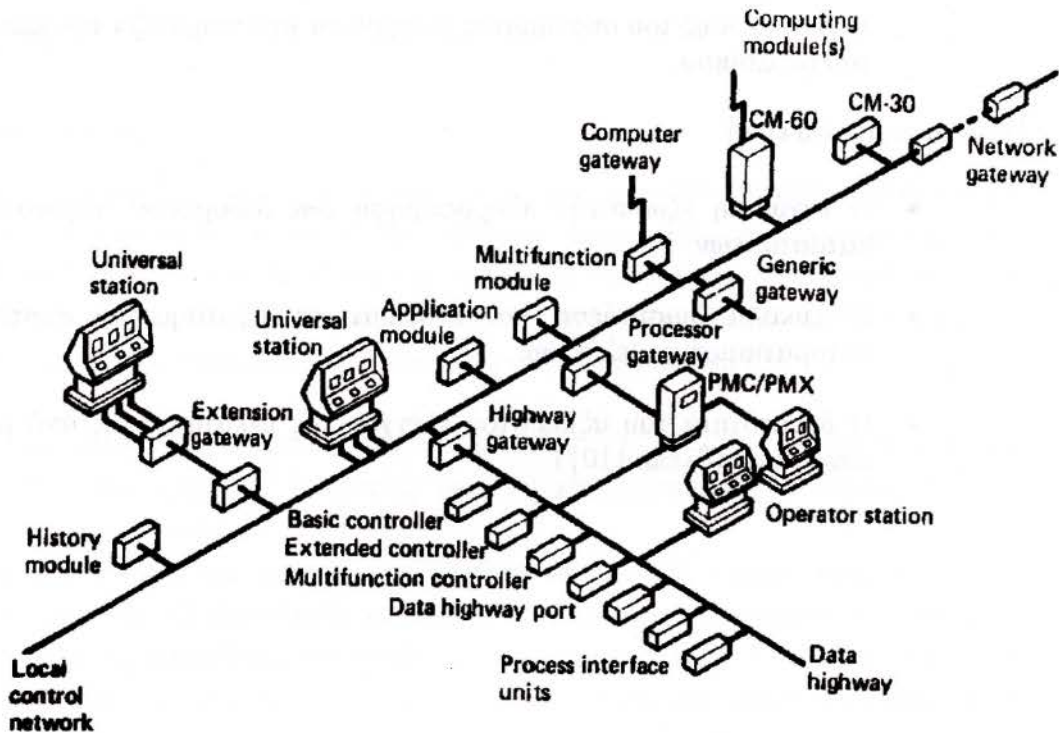
Κατά την δεκαετία του 60 επιχειρήθηκε η λύση μέσω ενός μεγάλου κεντρικού συστήματος για τον έλεγχο της συνολικής παραγωγικής διαδικασίας ενός εργοστασίου. Σύντομα όμως έγινε αντιληπτό ότι η τακτική αυτή όχι μόνο είναι δύσκολη στην εγκατάσταση, συντήρηση και επέκταση, αλλά είναι και ευάλωτη διότι ένα σφάλμα μπορούσε να προκαλέσει το σταμάτημα ολόκληρου του εργοστασίου.

Η επίλυση του προβλήματος αυτό ώθησε την ανάπτυξη τις δημιουργίας ενός κατανεμημένου συστήματος ελέγχου μεγάλων εργοστασίων μέσω ενός δικτύου υπολογιστών που ήταν διαμοιρασμένα στον χώρο της παραγωγής. Λόγω της δικτυακής τους δομής, τα νέα αυτά συστήματα ονομάστηκαν Distributed Control Systems (Διαμοιρασμένο σύστημα ελέγχου) ή κοινώς DCS. Τα διασυνδεδεμένα αυτά κατανεμημένα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων λειτουργούν σαν ένα ενιαίο σύστημα με ενιαία διαχείριση συγκεντρωτική πληροφόρηση και έλεγχο. Τα πρώτα συστήματα DCS εμφανίστηκαν στην δεκαετία του 70 και εξελίχτηκαν ραγδαία κατά την τεχνολογική έκρηξη του 80 και 90.

Περίπου την ίδια περίοδο με τα DCS έκαναν και την εμφάνιση τους τα PLC (Programmable logic controller), η τεχνολογία και η προσέγγιση τους όμως ήταν τελείως διαφορετική από αυτήν των DCS και η χρήση τους ωφελούσε την επίλυση διαφορετικών προβλημάτων. Τα PLC ήταν συστήματα πολύ περιορισμένων δυνατοτήτων. Η χρήσης τους περιορίζονταν στον έλεγχο μεμονωμένων συστημάτων με κύριο σκοπό την αντικατάσταση των κλασικών αυτοματισμών ρελέ. Όταν μάλιστα πρωτοβγήκαν στην αγορά ονομαζόντουσαν ‘ τα έξυπνα ρελέ ’. Τα PLC ήταν αρκετά πιο γρήγορα στην επεξεργασία και πιο ευέλικτα στον προγραμματισμό τους από ανάλογες μονάδες ενός συστήματος DCS, αλλά είχαν περιορισμένη δυνατότητα επέκτασης και διασύνδεσης(βλέπε {w17}).

Τα DCS συστήματα απαρτίζονται συνήθως από ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου, το οποίο είναι συνδεδεμένο με όλα τα σημεία τις εγκατάστασης που καλείται να επιτηρήσει μέσω τοπικών ελεγκτών και άλλων υποσυστημάτων όπως :

- Μονάδες περισυλλογής πρωτογενών δεδομένων (I/O) όπως ψυχρές επαφές η αναλογικές μετρήσεις.
- Μικρο-ελεγκτές που ελέγχουν συγκεκριμένα συστήματα.
- Τα DCS διασυνδέονται ακόμη και με PLC που πραγματοποιούν ευρύτερους τοπικούς ελέγχους.



Εικόνα 2.27 Το σύστημα TDC-3000 της Honeywell

Μερικές από τις λειτουργικές δυνατότητες και ιδιαιτερότητες ενός DCS συστήματος είναι:

- Επιτρέπει εύκολη και άμεση επικοινωνία σε όλα τα ιεραρχικά στάδια άμεσα με απ' ευθείας σύνδεση με το ελεγχόμενο σημείο.
- Επιτρέπει την παραμετροποίηση μιας διαδικασίας σε ζωντανό χρόνο από την κονσόλα ελέγχου στο control room χωρίς να σταματήσει το σύστημα.
- Χρησιμοποιεί συστήματα πολλαπλών εφαρμογών το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να 'τρέχει' διάφορες εφαρμογές παράλληλα με τις τρέχουσες εργασίες του συστήματος, ενώ συγχρόνως μπορεί να πραγματοποιεί και τοπικούς ελέγχους.
- Έχει ενσωματωμένα διαγνωστικά προγράμματα και προγραμματισμένες απεικονίσεις που αυτόματα επεκτείνονται ή αναβαθμίζονται όταν τροποποιείται η τράπεζα πληροφοριών του συστήματος. Η τράπεζα πληροφοριών είναι κεντρική στο σύστημα και περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες των τοπικών οργάνων ελέγχου
- Έχει γραφικές απεικονίσεις, διαθέτει διαγνωστικά προγράμματα που λειτουργούν on-line, δημιουργεί αυτομάτως τα αναγκαία πληροφοριακά για την ορθή λειτουργία του συγκροτήματος έγγραφα και εκτελεί προγραμματισμένες στρατηγικές. Οι χρήστες εκτελούν στρατηγικές ελέγχου σαν ανεξάρτητες εφαρμογές, με αποτέλεσμα οι αλλαγές στην

λογική μέρους του συστήματος ελέγχου να μην επηρεάζει την λειτουργία του υπολοίπου.

Πλεονέκτημα του είναι:

- Η ταχύτατη «ζωντανή» πληροφόρηση των δεδομένων, γεγονότων και καταστάσεων.
- Η εύκολη διασύνδεση και ενσωμάτωση υφισταμένων συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου.
- Η δυνατότητα του αξιόπιστου έλεγχου της εγκατάστασης από μεγάλες αποστάσεις(βλέπε {10}).

2.4.5 PLC

Ιστορική αναδρομή

Ήδη από τη δεκαετία του '60 στην Ευρώπη άρχισε η μετάβαση στα συστήματα με ψηφιακά ηλεκτρονικά. Αυτό δεν άλλαξε μόνο τον τρόπο σκέψης των κατασκευαστών αλλά και τη δομή και το τρόπο λειτουργίας εγκαταστάσεων και μηχανών. Υπήρξαν όμως και αρνητικά σημεία αφού απαιτήθηκε η γνώση υψηλής ηλεκτρονικής για τη σωστότερη εγκατάσταση και συντήρησή τους.

Οι πρώτοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC – Programmable Logic Controllers) στην αρχή της δεκαετίας του '70 χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την αντικατάσταση των ρελέ.

Η μεγάλη απαίτηση για μείωση του κύκλου παραγωγής άρχισε στην αρχή της δεκαετίας του '80. Η τεχνολογία γινόταν γρηγορότερη και αναπτυσσόταν συνεχώς, παράλληλα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Όπως σε όλους τους τομείς έτσι κι εδώ, η επικοινωνία και η πληροφορία έγιναν η σημαντικότερη βάση για αποδοτική παραγωγή. Οι νέες συσκευές επεξεργάζονται πλέον δεδομένα και ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους ή με υπερκείμενους υπολογιστές.

Φτάνοντας στις αρχές της δεκαετίας του '90 υπήρξε ένα μεγάλο τεχνολογικό άλμα και εμφανίστηκαν στην αγορά μικρότερες και φθηνότερες συσκευές με αυξημένες δυνατότητες σε σχέση με της προηγούμενης δεκαετίας.

Οι κατασκευαστές ρίχνουν πλέον σημαντικό βάρος στο λογισμικό όπου παρέχονται έτοιμες λύσεις για τομείς του αυτοματισμού με τη βοήθεια βιβλιοθηκών, εκμεταλλεύονται την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών και χρησιμοποιούν την εξέλιξη στο λειτουργικό τους σύστημα για να μειώσουν τους χρόνους στον προγραμματισμό των PLC. Εμφανίζονται νέες γλώσσες προγραμματισμού για τεχνολόγους σε γραφική μορφή, όπου ο χρήστης μέσω βιβλιοθηκών κι έχοντας γνώση μόνο της παραγωγικής διαδικασίας "συνθέτει" τον αυτοματισμό του. Τα υπόλοιπα γίνονται αυτόματα στο παρασκήνιο για λογαριασμό του. Υποστηρίζεται τέλος και η εξέλιξη στις γλώσσες προγραμματισμού των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Pascal, C++) για χρήστες που είναι εξοικειωμένοι σε τέτοια περιβάλλοντα (βλέπε {8}).

Η λειτουργία του PLC

Το PLC είναι μία ηλεκτρονική διάταξη η οποία από άποψη λειτουργίας θα μπορούσε να προσομοιωθεί με έναν πίνακα αυτοματισμού. Έχει δηλαδή εισόδους και εξόδους, που συνδέονται με τα στοιχεία μιας εγκατάστασης και βέβαια έναν αλγόριθμο που καθορίζει ότι κάποιος συνδυασμός εισόδων παράγει ένα αποτέλεσμα στις εξόδους (π.χ. η ενεργοποίηση ενός τερματικού διακόπτη σταματά τον κινητήρα μιας μεταφορικής ταινίας). Οι ομοιότητες όμως σταματούν εδώ, μιας και το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των PLC είναι ότι οι "κανόνες" που καθορίζουν την συμπεριφορά

των εξόδων, δεν είναι σταθεροί και "καλωδιωμένοι" όπως σε ένα κλασικό πίνακα αυτοματισμού, αλλά μπορούν να μεταβάλλονται με την επέμβαση στο πρόγραμμα του PLC χωρίς καμία επέμβαση στο Hardware του συστήματος. Δηλαδή, η λογική της λειτουργίας που ενσωματώνεται στο PLC μέσω του προγραμματισμού του είναι μεταβαλλόμενη.

Αρα μπορούμε να πούμε πως το PLC είναι ένα ψηφιακό ηλεκτρικό σύστημα, σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, το οποίο χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών, ώστε να επιτελούνται διάφορες λειτουργίες, όπως λογικές, μετρητικές και αριθμητικές πράξεις και να ελέγχονται μέσω αναλογικών/ψηφιακών μονάδων, διάφορες μηχανές ή διαδικασίες.

Το PLC αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Την κεντρική μονάδα επεξεργασίας.
- Την μονάδα εισόδου.
- Την μονάδα εξόδου.

○ Κεντρική μονάδα επεξεργασίας CPU

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας αποτελεί τον εγκέφαλο καθώς και την υπολογιστική δύναμη της μονάδος. Κάποιες από τις λειτουργίες της CPU είναι οι εξής:

- Διάβασμα, ερμηνεία και εκτέλεση των οδηγιών που περιέχει η μνήμη.
- Έλεγχο του πρωτοκόλλου επικοινωνίας που έχει καθοριστεί για το σύστημα.
- Αποθήκευση πληροφοριών.
- Εκτέλεση των αριθμητικών και λογικών πράξεων.

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της CPU είναι και η μνήμη η οποία χωρίζεται σε πέντε κατηγορίες:

- Μνήμη καταχώρησης:

Εδώ καταχωρείται το πρόγραμμα του χρήστη, οι παρατηρήσεις καθώς και οι παράμετροι των καρτών. Η μνήμη αυτή μπορεί να επεκταθεί με εξωτερικές μνήμες RAM και FLASH EPROM. Σε κάποιους τύπους PLC η μνήμη αυτή είναι κάρτα MMC.

- Μνήμη εργασίας:

Είναι η μνήμη RAM του συστήματος και είναι αυτή που επιτρέπει την επεξεργασία του κώδικα και τα μπλοκ δεδομένων του χρήστη. Η μνήμη αυτή είναι ενσωματωμένη στη CPU και δεν μπορεί να επεκταθεί.

- Μνήμη συστήματος:

Σε αυτή είναι καταχωρημένες οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα. Με τη σειρά της χωρίζεται σε επιμέρους κομμάτια.

- Μνήμη απεικόνισης εισόδων PII.
- Μνήμη απεικόνισης εξόδων PIQ.
- Βοηθητικά M.
- Χρονικά Τα.
- Απαριθμητές C.
- Τοπικά βοηθητικά L.
- Διαγνωστικά.

- Διατηρούμενη μνήμη:

Είναι η μνήμη η οποία ακόμα και αν κλείσει η τροφοδοσία είτε γίνει μετάβαση από RUN σε STOP αυτή θα διατηρηθεί. Τέτοιες περιοχές της μνήμης είναι αυτές των βοηθητικών, των χρονικών, των απαριθμητών και των περιοχών με δεδομένα.

- Μνήμη ρολογιού:

Η μνήμη αυτή έχει μήκος 8 bit και το καθένα αναβοσβήνει περιοδικά με μία συγκεκριμένη συχνότητα. Αυτό βοηθάει σε διάφορες διαδικασίες του PLC που χρειάζονται περιοδικό σήμα.

ο **Μονάδα εισόδων-εξόδων**

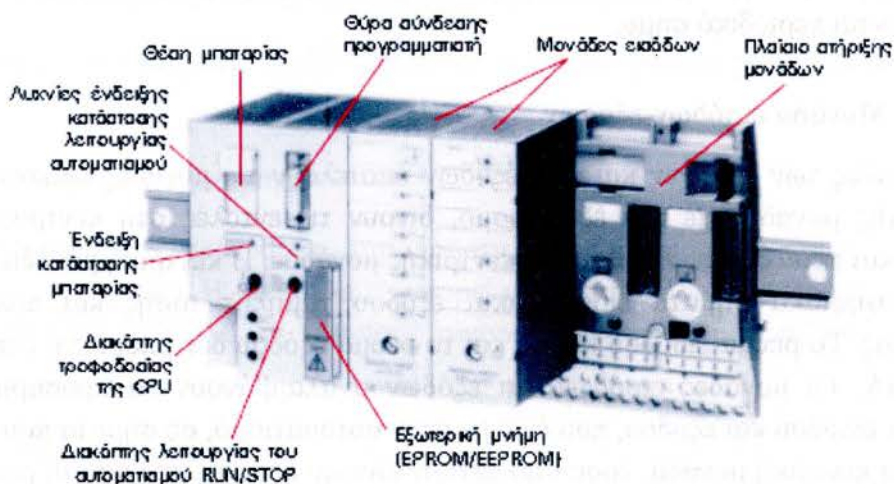
Οι μονάδες των εισόδων και των εξόδων αποτελούν τις μονάδες επικοινωνίας της κεντρικής μονάδας με τον έξω κόσμο, δίνουν τις εντολές στη κεντρική μονάδα, καθώς και εκτελούν τις εντολές της κεντρικής μονάδας. Η κεντρική μονάδα μπορεί να δεχτεί ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου χαμηλής τάσης και πολύ μικρού ρεύματος. Το ρεύμα εισόδου καθώς και το ρεύμα εξόδου δεν μπορεί να ξεπεράσει τα λίγα mA. Οι μονάδες εισόδων και εξόδων αναλαμβάνουν να προσαρμόσουν τα σήματα εισόδου και εξόδου, που έχουμε στον αυτοματισμό, σε σήματα που μπορεί να δεχτεί η κεντρική μονάδα, τόσο από άποψη τάσεων όσο και από άποψη ρευμάτων. Η προσαρμογή αυτή γίνεται με χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος, είτε με τη χρήση κατάλληλων μικρο-ρελέ. Κάθε σύστημα PLC καταλήγει πάντα σε κλέμες. Οι κλέμες

αυτές ανήκουν στις μονάδες εισόδων και εξόδων του. Στους ακροδέκτες εισόδων καταλήγουν οι αγωγοί που έρχονται από αισθητήρες ή τερματικούς διακόπτες. Στους ακροδέκτες εξόδων καταλήγουν οι αγωγοί που τροφοδοτούν πηνία ρελέ ισχύος, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, λυχνίες ένδειξης και λουπούς αποδέκτες (βλέπε εικόνα 2.27).

Στους διάφορους τύπους των PLC που υπάρχουν, οι μονάδες εισόδων και εξόδων αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο (βλέπε {12}). Γενικά όμως ισχύουν τα παρακάτω:

- Μια μονάδα εισόδων ή εξόδων μπορεί να λειτουργεί με συνεχή τάση ή με εναλλασσόμενη τάση. Τυπικές τάσεις λειτουργίας είναι: DC 24V, 48V, 60V & AC 24V, 48V, 115V, 230V, με συνηθέστερες τις DC 24V, AC 115V & AC 230V.
- Τα κυκλώματα και οι τάσεις των εισόδων είναι τελείως ανεξάρτητα από τα αντίστοιχα κυκλώματα των εξόδων. Επομένως, η τάση για τις εισόδους μπορεί να είναι διαφορετική από την τάση για τις εξόδους.
- Η τάση εισόδων (δηλαδή η τάση που φτάνει σε μια είσοδο, όταν ενεργοποιηθεί ο αντίστοιχος αισθητήρας) συνήθως διαχωρίζεται γαλβανικά από το υπόλοιπο εσωτερικό κύκλωμα του PLC. Τα ίδια ισχύουν και για τις εξόδους.

Στα PLC υπάρχει και η μονάδα τροφοδοσίας η οποία χρησιμεύει για να δημιουργήσει από την τάση του δικτύου τις απαραίτητες εσωτερικές τάσεις για την τροφοδοσία αποκλειστικά των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, που υπάρχουν μέσα στον προγραμματιζόμενο ελεγκτή (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα κλπ). Οι τυπικές εσωτερικές τάσεις των ελεγκτών είναι συνήθως: DC 5V, DC 9V, DC 24V.



Εικόνα 2.28 PLC

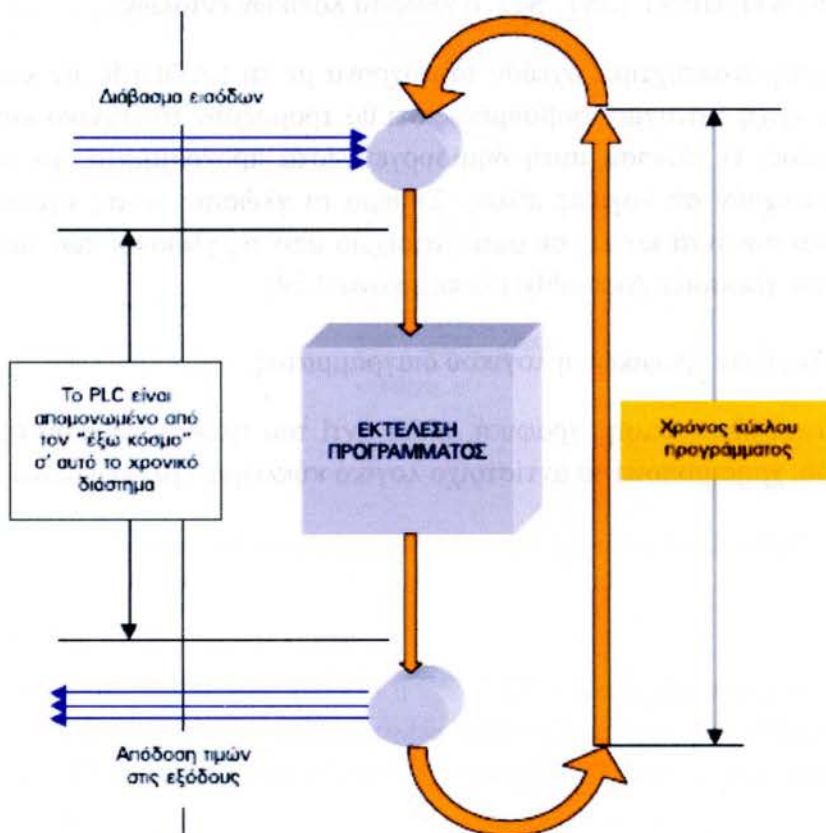
Τρόπος λειτουργίας του PLC

Αρχικά η CPU διαβάζει τις εισόδους, δηλαδή παρατηρεί την κάθε είσοδο, και αν σε αυτή έχει εμφανισθεί τάση (πού σημαίνει ότι έχει κλείσει ο διακόπτης), καταχωρεί ένα λογικό 1 σε μία περιοχή της μνήμης του που είναι ειδική γι' αυτό τον σκοπό. Η περιοχή αυτή περιέχει σε κάθε στιγμή την κατάσταση των εισόδων και λειτουργεί σαν ενδιάμεσος σταθμός ανάμεσα στον "έξω κόσμο" και την CPU.

Στην συνέχεια, εκτελείται το πρόγραμμα, δηλαδή εξετάζεται η τιμή των εισόδων και αποφασίζεται η τιμή της εξόδου η οποία και καταχωρείται σε μία αντίστοιχη περιοχή μνήμης εξόδου.

Τέλος, η περιοχή της μνήμης εξόδου μεταφέρεται στην κάρτα εξόδου και διεγείρει με την σειρά της το ρελέ.

Όταν συμπληρωθεί και το τελευταίο βήμα ολοκληρώνεται ένας κύκλος λειτουργίας και η διαδικασία ξαναρχίζει από την αρχή. Ο κύκλος λειτουργίας εκτελείται συνεχώς όσο το PLC βρίσκεται σε κατάσταση RUN.



Εικόνα 2.29 Τρόπος λειτουργίας του PLC

Προγραμματισμός PLC

Ο προγραμματισμός των PLC γίνεται μέσα από ειδικές σουίτες λογισμικού σε PC, στην συνέχεια μεταφορτώνονται στο PLC μέσω ενός απευθείας καλωδίου ή μέσω ενός δικτύου.

Τα PLC μπορούν να προγραμματιστούν μέσω κάποιων συγκεκριμένων προγραμματιστικών γλωσσών. Οι γλώσσες προγραμματισμού για τα PLC είναι οι ακόλουθες:

- LADDER ή γλώσσα ηλεκτρονικών γραφικών:

Είναι η πρώτη γλώσσα που αναπτύχθηκε ιστορικά. Στην ουσία επιτρέπει τη μεταφορά του ηλεκτρονικού σχεδίου, μέσω της συσκευής προγραμματισμού στο PLC. Με τη γλώσσα αυτή η εκπαίδευση των τεχνικών, που ήταν συνηθισμένοι στον κλασικό αυτοματισμό, γίνονταν πιο εύκολα και γρήγορα, αφού δεν άλλαζε ουσιαστικά την εργασία σχεδιασμού του αυτοματισμού (βλέπε εικόνα 2.29).

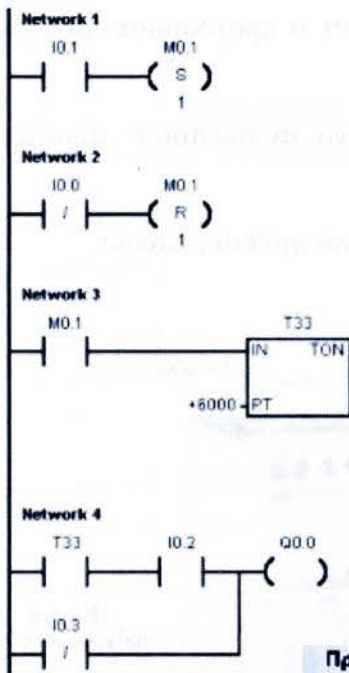
- STATEMENT LIST, STL ή γλώσσα λογικών εντολών:

Η γλώσσα αυτή αναπτύχθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με τη LADDER, αν και εταιρείες έδειξαν στην αρχή δισταγμό, φοβούμενες ότι θα τρομάζουν το τεχνικό κατεστημένο της βιομηχανίας. Η γλώσσα αυτή δημιουργεί λίστα προγράμματος με εντολές, οι οποίες αντιστοιχούν σε λογικές πύλες. Σήμερα οι γλώσσες αυτές έχουν εξελιχθεί πάρα πολύ και συναντά κανείς σε αυτές στοιχεία από τις γλώσσες των υπολογιστών και κυρίως των γλωσσών Assembly(βλέπε εικόνα 2.29).

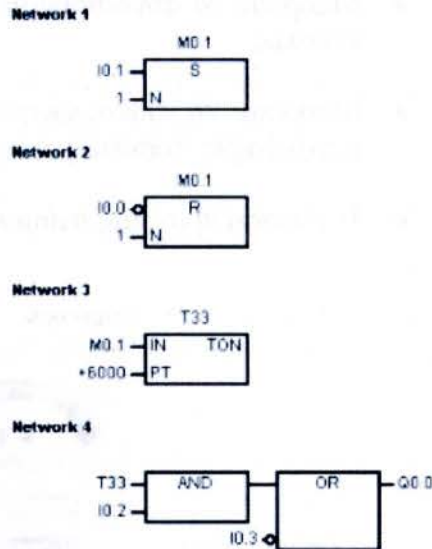
- Λογικών γραφικών ή λογικού διαγράμματος:

Η γλώσσα αυτή είναι επίσης γραφική, αλλά αντί του ηλεκτρολογικού σχεδίου του αυτοματισμού, χρησιμοποιεί το αντίστοιχο λογικό κύκλωμα. (βλέπε εικόνα 2.29)

Πρόγραμμα σε γλώσσα LADDER



Πρόγραμμα σε γλώσσα λογικών γραφικών



Πρόγραμμα σε γλώσσα λίστα εντολών

```

NETWORK 1
LD IO.1
S MO.1, 1

NETWORK 2
LDN IO.0
R MO.1, 1

NETWORK 3
LD MO.1
TON T33, +6000

NETWORK 4
LD T33
A IO.2
ON IO.3
= Q0.0
    
```

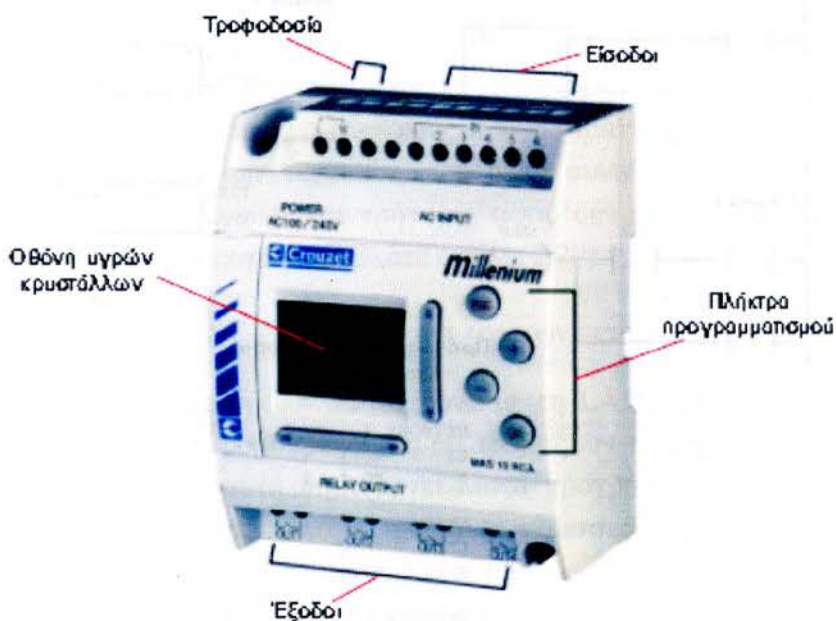
Εικόνα 2.30 Διαφορές μεταξύ γλωσσών προγραμματισμού PLC

PLC Συμπαγή τύπου

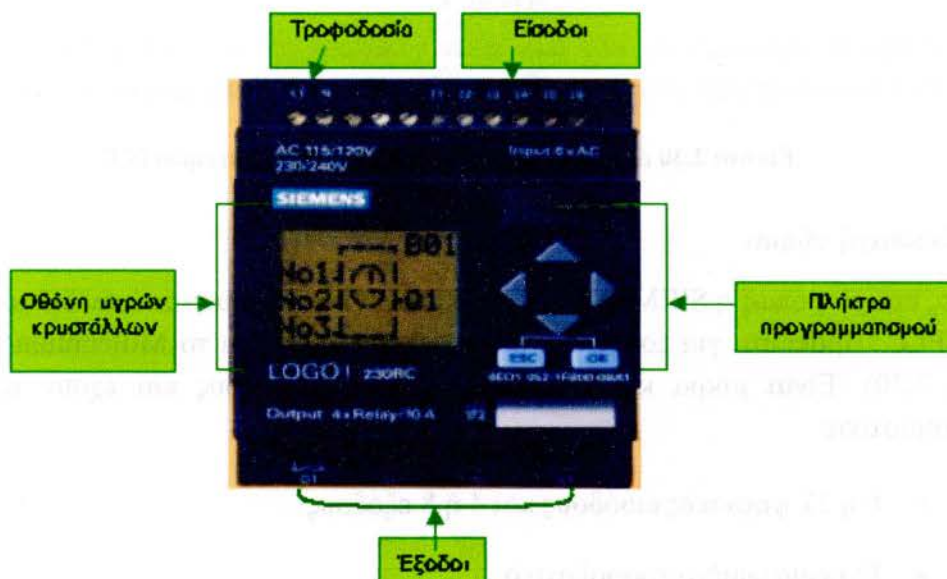
Κάποιες εταιρίες όπως η SIEMENS και η CROUZET παράγουν και έναν διαφορετικό τύπου PLC. Πρόκειται για το LOGO(βλέπε εικόνα 2.31) και το Millennium (βλέπε εικόνα 2.30). Είναι μικρά και εξαιρετικά χαμηλού κόστους και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- 6 ή 12 ψηφιακές εισόδους και 4 ή 8 εξόδους.
- Ενσωματωμένο τροφοδοτικό.
- Ενσωματωμένο προγραμματιστή που αποτελείται από μια οθόνη υγρών κρυστάλλων και από 6 πλήκτρα.

- Ρολόι πραγματικού χρόνου.
- Μπορούν να συνδεθούν με PC, οπότε ο προγραμματισμός γίνεται πολύ εύκολος.
- Μπορούν να επικοινωνήσουν και να ανταλλάσσουν σήματα με άλλες μεγαλύτερες συσκευές ελέγχου.
- Η γλώσσα προγραμματισμού τους είναι αρκετά πλούσια.



Εικόνα 2.31 Millennium



Εικόνα 2.32 LOGO

Πλεονεκτήματα

Συγκριτικά με τον κλασσικό αυτοματισμό τα πλεονεκτήματα του προγραμματισμού με PLC είναι πάρα πολλά. Ενδεικτικά μπορεί να γίνει αναφορά στα εξής:

- Είναι συσκευές γενικής χρήσεως και όχι για ένα συγκεκριμένο είδος παραγωγής.
- Δεν ενδιαφέρει ο συνολικός αριθμός των επαφών, χρονικών, απαριθμητών κλπ που θα χρησιμοποιηθούν, μιας και αποτελούν στοιχεία μνήμης της CPU και όχι φυσικές οντότητες.
- Η λειτουργία του αυτοματισμού μπορεί ν' αλλάξει σε οποιοδήποτε στάδιο θελήσουμε χωρίς επέμβαση στο υλικό.
- Εύκολος οπτικός εντοπισμός με μια ματιά, της λειτουργίας ή μη στοιχείων της εγκατάστασης με τη βοήθεια των LED που υπάρχουν σε όλες τις κάρτες εισόδου / εξόδου. Με τη βοήθεια συσκευής προγραμματισμού μπορεί να παρακολουθηθεί και η ροή εκτέλεσης του προγράμματος.
- Η κατασκευή του πίνακα που θα τοποθετηθεί το PLC γίνεται παράλληλα με τον προγραμματισμό του, πράγμα το οποίο οδηγεί στη συντομότερη παράδοση του αυτοματισμού.
- Πολύ συχνό είναι το φαινόμενο ο τεχνικός να κληθεί να επισκευάσει μια βλάβη και να δει ότι άλλα υπάρχουν στα σχέδια και άλλα βλέπει αυτός στην εγκατάσταση. Το πρόβλημα αυτό δεν υπάρχει στα PLC αφού πάντα υπάρχει μόνο ένα σχέδιο αποθηκευμένο.
- Τα PLC ως ηλεκτρονικές συσκευές καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο χώρο στο πίνακα, σε σχέση με τα υλικά του κλασσικού αυτοματισμού και καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια από αυτά.
- Τοποθετούνται άφοβα και σε πεδία ισχύος.
- Οι γλώσσες προγραμματισμού, καλύπτουν όλο το φάσμα των ανθρώπων που καλούνται να ασχοληθούν με την τεχνολογία αυτή.
- Τέλος, σαν ψηφιακές συσκευές δίνουν τη δυνατότητα να συνδεθούν επάνω τους οθόνες, εκτυπωτές, πληκτρολόγια και να καταργηθούν έτσι τα κλασσικά μιμικά διαγράμματα και οι πίνακες χειρισμών. Εύκολη είναι επίσης και η διασύνδεση μεταξύ τους γι' ανταλλαγή πληροφοριών, ο τηλεχειρισμός και η τηλεοπτεία, ο εξ αποστάσεως προγραμματισμός τους και η σύνδεσή τους στο Internet.

Τα PLC στις μέρες μας

Πλέον στην σημερινή αγορά, υπάρχει μία τεράστια ποικιλία επιλογών PLC. Κάποιες από τις κυρίαρχες και πρωτοπόρες εταιρίες στον χώρο είναι η Siemens, η Allen-Brandley (πρόσφατα αγορασμένη από την Rockwell Software), η Fatec, η IDEC, Omron, ABB και πολλές άλλες. Κατασκευαστές PLC, όπως η Siemens και η Allen-Brandley -που από μόνες τους κατέχουν ένα σημαντικό κομμάτι της αγοράς- παρέχουν ολοκληρωμένες λύσεις αυτοματισμού που μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα στις ανάγκες του χρήστη μέσω συναρμολογούμενων μεταξύ τους εξαρτημάτων όπως επεξεργαστές, κάρτες εισόδων/εξόδων για αναλογικά και ψηφιακά σήματα και διαφόρων ειδών οθόνες για διάδραση με τον χρήστη σε σχετικά χαμηλό κόστος για βιομηχανικές εφαρμογές.

Τα τελευταία χρόνια, και καθώς η τεχνολογία των ηλεκτρονικών συστημάτων εμφανίζει πρωτόγνωρη εξέλιξη, έχουν αρχίσει να εμφανίζονται προηγμένα συστήματα που ανταγωνίζονται επάξια τα PLC σε όλους τους τομείς και υπόσχονται μεγαλύτερες δυνατότητες και χαμηλότερο κόστος. Έτσι υπάρχει μια ολοένα αυξανόμενη τάση προς την χρήση ευέλικτων και ικανών μικρο-ελεγκτών, ενσωματωμένων συστημάτων (embedded systems) και κυκλωμάτων ASICs για την επίτευξη αποδοτικού και αξιόπιστου ελέγχου. Κατασκευαστές μικρο-ελεγκτών όπως η Atmel και η Motorola έχουν κάνει βήματα προς την καθιέρωσή τους στην αγορά των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου(βλέπε {8}).

2.4.6 SCADA

Ο όρος SCADA προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Supervisory Control and Data Acquisition (Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων). Έχει καθιερωθεί στη διεθνή ορολογία των συστημάτων αυτοματισμού και δηλώνει τα συστήματα εκείνα, που επιτρέπουν στο χειριστή μιας κατανεμημένης στο χώρο διεργασίας να συλλέγει πληροφορίες από διάφορα σημεία σε ένα κεντρικό υπολογιστή, από τον οποίο μπορεί επίσης να εκτελεί χειρισμούς ή να στέλνει εντολές ελέγχου έχοντας εποπτεία (δηλαδή βλέποντας τη συνολική εικόνα) της διαδικασίας. Τα SCADA χρησιμοποιούνται κυρίως στη βιομηχανία για την αυτοματοποίηση της παραγωγής και των σχετικών με αυτή διαδικασιών(βλέπε {w19}).

Συστήματα SCADA χρησιμοποιούνται ακόμη στα δίκτυα των επιχειρήσεων και οργανισμών κοινής ωφελείας (δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, νερού ή φυσικού αερίου, δίκτυα αποχέτευσης), στα συστήματα αυτοματισμού πολυώροφων κτιρίων (π.χ. νοσοκομεία, ξενοδοχεία) ή άλλων μεγάλων εγκαταστάσεων (π.χ. αεροδρόμια), στα σιδηροδρομικά δίκτυα, στη γεωργία (δίκτυα άρδευσης, αυτοματοποίηση μεγάλων γεωργικών μονάδων) και αλλού.

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι ενός συστήματος SCADA είναι το λογισμικό του κέντρου ελέγχου. Η ποιότητα του λογισμικού αυτού είναι καθοριστικής σημασίας για την καλή λειτουργία ολόκληρου του συστήματος. Όταν το λογισμικό του κέντρου ελέγχου είναι απαλλαγμένο από σφάλματα και δυσλειτουργίες, ανταποκρίνεται σωστά και αξιόπιστα σε οτιδήποτε μπορεί να συμβεί κατά τη λειτουργία του συστήματος, είναι εύχρηστο, ευέλικτο και μπορεί να δεχτεί όλες τις απαιτούμενες επεκτάσεις, τότε το σύστημα SCADA είναι ένα πραγματικό εργαλείο, που διευκολύνει τη ζωή των χειριστών και τους επιτρέπει να εκτελούν την εργασία τους πολύ πιο αποδοτικά(βλέπε {11}).

Τα συστήματα SCADA αρχικά υλοποιήθηκαν στο DOS, (VMS) και το Unix και αργότερα οι προμηθευτές SCADA κινήθηκαν προς τα NT και μερικά επίσης προς το Linux.

Ένα σύστημα SCADA είναι υπεύθυνο για την διαχείριση και τον έλεγχο διαφόρων διεργασιών, δηλαδή είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση, την καταγραφή και τον έλεγχο ενός πλήθους βασικών μεταβλητών και παραμέτρων του συστήματος.

Ος στόχος των συστημάτων SCADA είναι ο εξής:

- Η διασφάλιση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος.
- Η μεγιστοποίηση της παραγωγής με χρήση των ελάχιστων δυνατών (ενεργειακών) πόρων.

- Η βέλτιστη διαχείριση του εξοπλισμού, των υλικών και της ενέργειας της εγκατάστασης.
- Η ασφάλεια του εξοπλισμού και του προσωπικού παρακολούθησης της διεργασίας.

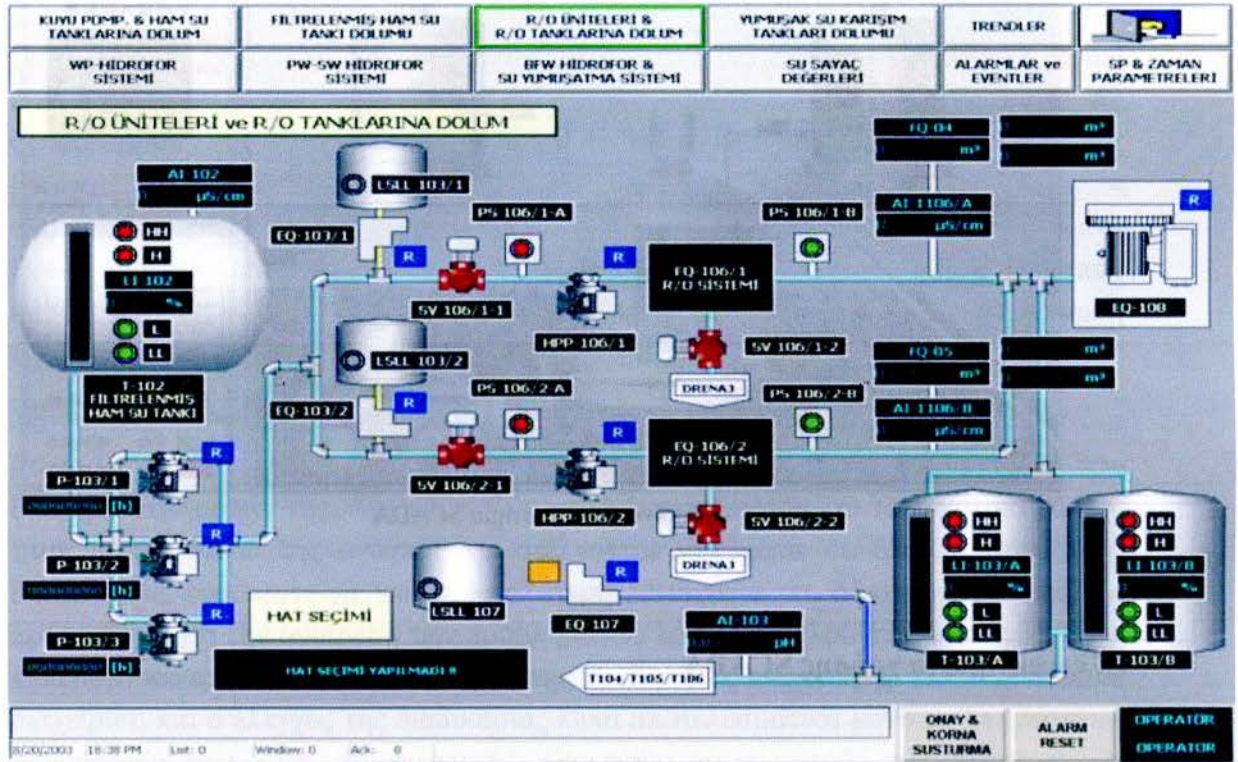
Ένα σύστημα SCADA μπορεί να επιτηρεί και να χειρίζεται ένα πλήθος μεταβλητών του συστήματος αυτομάτου ελέγχου, αλλά και να διαχειρίζεται και οικονομικά μεγέθη (παραγγελίες – παραδόσεις προϊόντων) σε συνεργασία με οικονομικά πακέτα, προκειμένου να παρέχει στον χειρίστη του συνολική εποπτεία της παραγωγικής μονάδας.

Αρα ένα σύστημα SCADA προσφέρει:

- άμεση πληροφόρηση της κατάστασης της διεργασίας
- αντιστάθμιση των μεταβλητών ελέγχου της διεργασίας με στόχο τη διατήρηση των δεδομένων ονομαστικών τους τιμών (setpoints) καθώς και τη διατήρηση των απαιτούμενων επιπέδων παραγωγής
- έγκαιρη σήμανση των βλαβών και της κακής λειτουργίας του εξοπλισμού στις διάφορες διεργασίες, ώστε να παρέχεται η μέγιστη ασφάλεια του εξοπλισμού και των εργαζομένων
- πρόγνωση και διάγνωση των βλαβών του εξοπλισμού και έγκαιρο εντοπισμό τους για την μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητάς του
- καταγραφή και αποθήκευση πληροφοριών σχετικά με την παραγωγή και τη διαχείρισή της
- καλή λειτουργία του εξοπλισμού με στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσης και επομένως της παραγωγικότητάς του.

Τα SCADA (βλέπε εικόνα 2.32) είναι συνήθως εξειδικευμένα συστήματα, που σχεδιάζονται για να εξυπηρετούν πολύ συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ. την αυτοματοποίηση ενός εργοστασίου κατασκευής χαρτιού). Είναι σπάνιες οι περιπτώσεις, που ένα σύστημα μπορεί να εξυπηρετήσει και άλλες εφαρμογές εκτός από αυτή, για την οποία σχεδιάστηκε, χωρίς να υποστεί αλλαγές ή τροποποιήσεις. Από την άλλη μεριά, το λογισμικό του κέντρου ελέγχου ενός SCADA χρειάζεται συχνά να είναι εξαιρετικά πολύπλοκο, καθώς πρέπει να παρακολουθεί σύνθετες διαδικασίες, να λαμβάνει υπόψιν όλες τις περιπτώσεις, που μπορεί να συμβούν στην πράξη και να δίνουν στον κάθε χρήστη την πληροφορία, που χρειάζεται, τη στιγμή,

που τη χρειάζεται και με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να την καταλάβει και να την αξιοποιήσει(βλέπε εικόνα 2.33).



Εικόνα 2.33 Σύστημα SCADA

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των SCADA είναι ότι πρέπει να μπορούν να υποστηρίξουν ένα μεγάλο αριθμό από διαφορετικές συσκευές πεδίου, που συναντούνται στην πράξη (PLC, ενσωματωμένα συστήματα, βιομηχανικά δίκτυα, προηγμένα αισθητήρια όργανα, κ.λ.π). Οι διαφορετικές αυτές συσκευές μπορεί να έχουν ποικίλα τεχνικά χαρακτηριστικά και να χρησιμοποιούν διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας.



Εικόνα 2.34 Σύστημα SCADA

Πλεονεκτήματα χρήσης SCADA

Τα πλεονεκτήματα της ύπαρξης ενός SCADA για κάθε βιομηχανία είναι:

- Η αύξηση της παραγωγικότητας
- Ενισχυμένη ευελιξία κατά την παραγωγή
- Μείωση στην κατανάλωση ενέργειας
- Βελτιστοποίηση της ποιότητας
- Και τέλος μέγιστη εκμετάλλευση των αποθεμάτων της παραγωγής(βλέπε {w19}).

2.4.7 Βιομηχανικά δίκτυα

Για να γίνουν κατανοητοί οι λόγοι χρησιμότητας του αυτοματισμού σε βιομηχανικό περιβάλλον αλλά και τα πλεονεκτήματα, θα αναφέρουμε ένα παράδειγμα. Ας φανταστούμε μια οποιαδήποτε βιομηχανία τροφίμων. Σε αυτό το είδος της βιομηχανίας, οι πρώτες ύλες αρχικά επεξεργάζονται και στη συνέχεια μετατρέπονται στο τελικό προϊόν με διαδικασίες ανάμιξης και ψησίματος. Το τελικό προϊόν στη συνέχεια πακετάρεται και διανέμεται στους καταναλωτές. Αυτή η διαδικασία, που παρουσιάστηκε στη γενική της μορφή, μπορεί να βελτιωθεί με ορθολογική οργάνωση της παραγωγής.

Το γεγονός ότι είναι πάντα αδύνατο να λαμβάνει χώρα η διαδικασία αυτή σε ένα μόνο δωμάτιο ή κτίριο, σημαίνει ότι πάντα έχουμε προβλήματα συντονισμού των διαφόρων τμημάτων της. Αρχικά, πολύς χρόνος σπαταλιόταν και το εργατικό κόστος ήταν υψηλό λόγω της ανάγκης να στέλνονται μηνύματα σε όλο το μήκος της διαδικασίας, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη λειτουργία και αξιοποίηση αυτής. Το πρώτο βήμα για την αναίρεση των προβλημάτων λόγω μη καλού συντονισμού ήταν η εισαγωγή κεντρικών σταθμών ελέγχου της διαδικασίας παραγωγής. Παρόλα αυτά, η διαχείριση και ο έλεγχος της διαδικασίας είναι αποτελεσματικά μόνο αν λαμβάνουμε πληροφορία από κάθε σημείο αυτής. Για κάθε όμως μονάδα πληροφορίας που αποστέλλεται στον κεντρικό σταθμό θέλουμε και ένα αγωγό, δηλαδή με την αύξηση του όγκου της πληροφορίας που διακινείται αυξάνεται ταυτόχρονα και ο όγκος των απαιτούμενων καλωδιώσεων. Συνεπώς η πολυπλοκότητα του προβλήματος διασύνδεσης αυξάνει με την πολυπλοκότητα της διαδικασίας που επιτηρείται και ελέγχεται. Έτσι, καταλαβαίνουμε ότι για να εγκαταστήσουμε ένα κεντρικό σταθμό για τον έλεγχο μιας βιομηχανικής διαδικασίας όπως η παραπάνω, χρειαζόμαστε πολλές και μεγάλες δεσμίδες από καλώδια πράγμα που έχει σαν συνέπεια την σημαντική αύξηση του κόστους του αυτοματισμού.

Σε αυτό ακριβώς το σημείο υπεισέρχεται η ιδέα της χρήσης τοπικών δικτύων επικοινωνίας. Με τη βοήθεια των δικτύων όλες οι δεσμίδες των καλωδίων αντικαθίστανται από ένα και μόνο καλώδιο, το οποίο περιέχει από δύο έως τέσσερις αγωγούς αντί των χιλιάδων που είχαμε πριν. Οι συσκευές που συνδέονται μέσω του δικτύου μπορούν να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα τόσο μεταξύ τους όσο και με κάποιο κεντρικό σταθμό. Τα δεδομένα που π.χ. λαμβάνει μία συσκευή μπορούν να αφορούν είτε "πληροφορία" απαραίτητη για τη λήψη των δικών της αποφάσεων ελέγχου, είτε "εντολές" του συντονιστή για συγκεκριμένες ενέργειες ελέγχου άμεσα εκτελέσιμες.

Το ουσιαστικό αποτέλεσμα είναι η σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης, του κόστους των αγωγών, και του κόστους συντήρησης των καλωδιώσεων. Τα οικονομικά οφέλη δεν είναι όμως το μόνο κέρδος που έχουμε. Με τη χρήση τοπικών δικτύων έχουμε τη δυνατότητα απόκτησης και επεξεργασίας σε ένα κεντρικό σταθμό

οποιοδήποτε δεδομένων θέλουμε. Αυτό, εκτός πολλών άλλων, σημαίνει ταχύτερο και πιο ακριβή σχεδιασμό της παραγωγής όπως επίσης ταχύτερη βελτιστοποίηση και ρύθμιση της διαδικασίας με βάση τιμές αναφοράς που προέρχονται από τον κεντρικό σταθμό ελέγχου. Δηλαδή, με τη χρήση των τοπικών δικτύων έχουμε οικονομικά αλλά και υπηρεσιακά οφέλη για μια Βιομηχανία. Με τη χρήση δικτύων επικοινωνίας έχουμε επίσης αύξηση της λειτουργικής αξιοπιστίας. Τα σφάλματα ανιχνεύονται σε πρόωρο στάδιο, ενώ η πηγή τους μπορεί πολύ εύκολα να εντοπισθεί χρησιμοποιώντας υπάρχοντα δεδομένα της διαδικασίας. Η χρήση των δικτύων έχει επίσης σαν συνέπεια την αύξηση της παραγωγικότητας της Βιομηχανίας. Με βάση την κατανεμημένη λογική, επιμέρους διαδικασίες μπορούν να ελεγχθούν αυτόνομα και να λαμβάνουν χώρα παράλληλα. Αυτό έχει σαν συνέπεια η όλη βιομηχανική διαδικασία να ελέγχεται αποκεντρωμένα και με υψηλή ταχύτητα από ένα κεντρικό σταθμό συντονισμού, παρακολούθησης και καταγραφής δεδομένων(βλέπε {12}).

3. Automation Studio

3.1 Εισαγωγή στο Automation Studio

Το Automation Studio είναι ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα που κυκλοφόρησε το 1996 από την Famic Technologies, και το οποίο μας προσφέρει παρουσίαση και προσομοίωση σε υδραυλικά, πνευματικά άλλα και ηλεκτρολογικά κυκλώματα αυτοματισμού. Επίσης χρησιμοποιείτε από συστήματα CAD, για συντήρηση αλλά και για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Κυρίως χρησιμοποιείται από μηχανικούς, εκπαιδευτές καθώς και συνεργεία συντήρησης. Το Automation Studio βρίσκει εφαρμογή στο σχεδιασμό, την εκπαίδευση αλλά και στην επίλυση σφαλμάτων σε υδραυλικά συστήματα, πνευματικά συστήματα καθώς και σε ηλεκτρικά συστήματα έλεγχου.

Στην επαγγελματική έκδοση του προγράμματος μας δίνετε η δυνατότητα σχεδιασμού μέσα από μια πληθώρα βιβλιοθηκών οι οποίες μας προσφέρουν τα περισσότερα εξαρτήματα που μπορούμε να συναντήσουμε σε ένα σύστημα, όπως διακόπτες, πηνία, γεννήτριες, φίλτρα, όργανα μέτρησης, ηλεκτρικά εξαρτήματα καθώς και άλλα στοιχεία όπως είναι μηχανές, συστήματα ελέγχου αλλά και πνευματικά και υδραυλικά εξαρτήματα. Το άλλο πολύ χρήσιμο κομμάτι του προγράμματος είναι πως τα συστήματα που σχεδιάζονται μπορούν να δοκιμαστούν σε συνθήκες εξομοίωσης, ώστε να μην χρειαστεί η κατασκευή πρωτοτύπου. Κατά την εξομοίωση μπορούν να ληφθούν υπόψη και άλλες παράμετροι ενός συστήματος, όπως είναι η πτώση πίεσης, η μεταφορά θερμότητας, η σταθερότητα της δομής υδραυλικών υγρών και άλλα. Κατά την εξομοίωση τα στοιχεία, μέσω γραφικών και χρωμάτων, μας δείχνουν την συμπεριφορά τους. Για παράδειγμα μπορούμε να δούμε τις σωληνώσεις του συστήματος μας να αλλάζουν χρώμα καθώς αλλάζει η πίεση, η ρευστότητα ή ακόμα και η θερμότητα του περιεχομένου της.

Το automation studio παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στις παρακάτω εφαρμογές:

- Βιομηχανικά υδραυλικά συστήματα
- Βιομηχανικά πνευματικά συστήματα
- Ηλεκτρικά συστήματα
- Εφαρμογές ελέγχου μέσω PLC
- Συστήματα αυτοματισμών
- Καθώς και αντιμετώπιση προβλημάτων.

Το automation studio ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 1986 για βιομηχανίες, και τότε ήταν που κυκλοφόρησαν στην αγορά το PneuSim και HydrauSim. Από τότε έχουν προστεθεί όλες οι απαραίτητες λειτουργίες που χρειάζονταν οι χρήστες για τον καλύτερο σχεδιασμό των συστημάτων.

Οι βιβλιοθήκες του συστήματος περιέχουν χιλιάδες σύμβολα τα οποία είναι συμβατά με ISO 1219-1 και είναι σε θέση να ικανοποιήσουν οποιαδήποτε ανάγκη στην

σχεδίαση ενός κυκλώματος. Επίσης είναι δυνατόν οι χρήστες να παραμετροποιήσουν φυσικές σταθερές των εξαρτημάτων, όπως είναι η διάμετρος και το μήκος για παράδειγμα, αλλά και να προσθέσουν συγκεκριμένα εξαρτήματα ώστε το σύστημα να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο στην πραγματικότητα.

Λόγο του ότι δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα όλων των κατασκευαστών, το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα να μπορεί ο χρήστης να σχεδιάσει εξαρτήματα όπως βαλβίδες και εμβολα, αλλά και να τα παραμετροποιήσει με τις δίκες του σταθερές ώστε να πάρει ποιο ακριβή αποτελέσματα στην εξομοίωση.

Το πρόγραμμα διαθέτει και βιβλιοθήκες ηλεκτρικών συμβόλων όπως διακόπτων, ρελέδων, μετρητών, χρομιστών και άλλα. Όλα σύμβολα διαθέτουν JIC και IEC standards και έτσι είναι εύκολο να βρει κάποιος οποιοδήποτε συμβατό εξάρτημα με αυτό που θα χρησιμοποιήσει στην πραγματικότητα.

Η εξομοίωση του προγράμματος είναι εύκολη μιας και τα περισσότερα εξαρτήματα είναι έτοιμα σχεδιασμένα στις βιβλιοθήκες του προγράμματος, και έτσι δεν απαιτείτε από τον χρήστη να κάνει τίποτα άλλο από το να περάσει κάποιες παραμέτρους. Οι περισσότεροι παράμετροι έχουν οριστεί από το σύστημα για να είναι ποιο χρηστικό ακόμα και στους αρχάριους χρήστες. Κατά την εξομοίωση όμως μπορούν να αλλαχτούν παράμετροι όπως είναι η ασκούμενη πίεση, το φορτίο, οι διαστάσεις αλλά και οι γωνίες στήριξης των διαφόρων εξαρτημάτων. Μπορούν επίσης να αλλαχτούν και παράμετροι όπως είναι η τριβή, η εσωτερικές απώλειες των εξαρτημάτων και άλλα τα οποία αναφέρονται σε ποιο ειδικευμένους χρήστες. Μπορούν να αλλαχτούν και παράμετροι στις σωληνώσεις, όπως η διάμετρος και το μήκος, ώστε κατά την εξομοίωση να μπορούν να παρατηρηθούν φαινόμενα όπως πτώσης πίεσης σε σημεία του συστήματος.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του προγράμματος είναι η δυνατότητα που προσφέρει, για προγραμματισμό και εξομοίωση, των λειτουργιών ενός PLC, προγραμματίζοντας το σε LADDER. Η δυνατότητα προσφέρετε μέσω μιας βιβλιοθήκης, η οποία είναι εύκολη στην χρήση, ακόμα και για αρχάριους χρήστες οι οποίοι δεν είναι εξοικειωμένοι με δύσκολα προγραμματιστικά περιβάλλοντα. Περιέχονται σύμβολα και ρυθμίσεις από τις εταιρίες Allen-Brabley, Siemens και άλλες. Το πρόγραμμα προσφέρετε και για εκπαίδευση μιας και ο εκπαιδευτής μπορεί να εμβαθύνει στην λογική του προγραμματισμού χωρίς να είναι αναγκασμένος να διδάξει πρώτα τα εργαλεία που χρειάζονται σε αρκετές γλώσσες προγραμματισμού.

Τελευταίο αλλά πολύ δυνατό χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα που προσφέρετε μέσω του OPC, να επικοινωνήσει το πρόγραμμα με οποιοδήποτε PLC ή άλλη συσκευή ελέγχου η οποία είναι συμβατή με το πρωτόκολλο OPC. Με αυτό τον τρόπο το πρόγραμμα μπορεί λειτουργήσει ακόμα και ως PLC εξομοιώνοντας πλήρως τις λειτουργίες του. Αυτή την στιγμή υπάρχουν πάνω από 270 εταιρίες οι οποίες έχουν

ενσωματώσει στις συσκευές του το πρωτόκολλο OPC και έτσι το automation studio είναι σχεδόν συμβατό με οποιαδήποτε συσκευή της αγοράς(βλέπε {20}).

3.2 Παράδειγμα αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής

Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφεί μια αυτοματοποιημένη γραμμή συσκευασίας ελιάς. Πρόκειται για μια γραμμή μιας ελληνικής βιομηχανίας που εδρεύει στην Πελοπόννησο. Η συγκεκριμένη γραμμή συσκευάζει γυάλινα βαζάκια των 270gr, 380 gr καθώς και πλαστικά βαζάκια του 1,7kg, ανάλογα με την παραγγελία του εκάστοτε πελάτη.

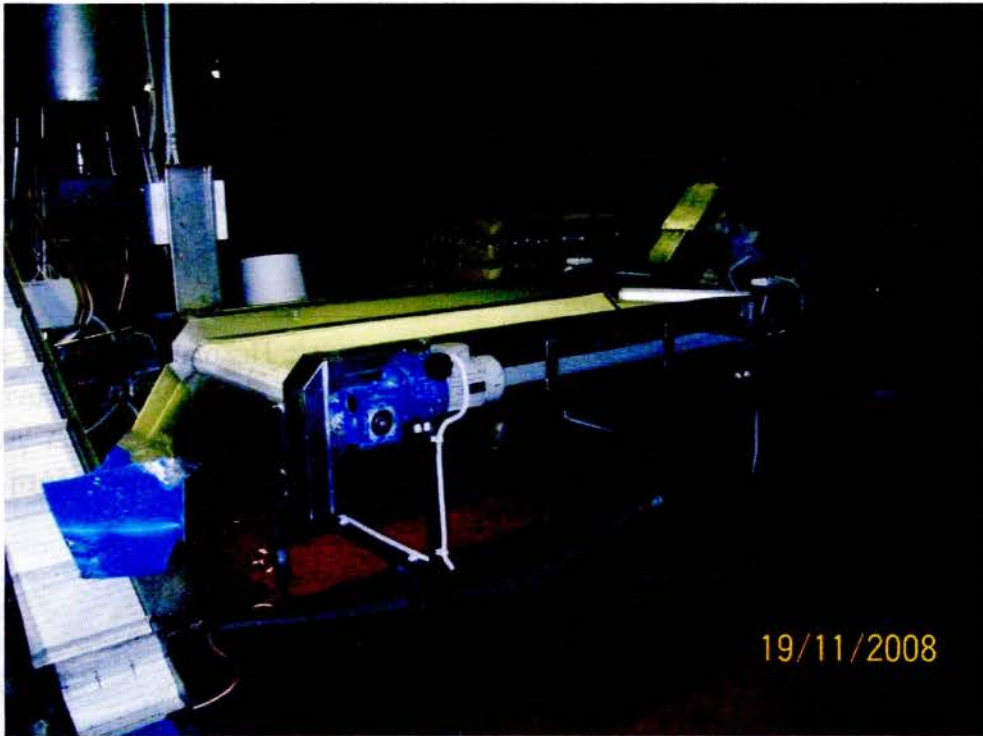
Οι ελιές επεξεργάζονται αρχικά σε άλλο εργοστάσιο της Πελοποννήσου και αφού ωριμάσουν και είναι έτοιμες για συσκευασία μεταφέρονται εδώ. Αρχικά περνάνε από ένα κέντρο διαλογής το οποίο βρίσκεται δίπλα από την γραμμή και εκεί γίνεται οπτικός διαχωρισμός των ελιών. Έπειτα μεταφέρονται στον τροφοδότη της γραμμής(βλέπε εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.35 Αρχικός κουβάς συγκέντρωσης καρπού

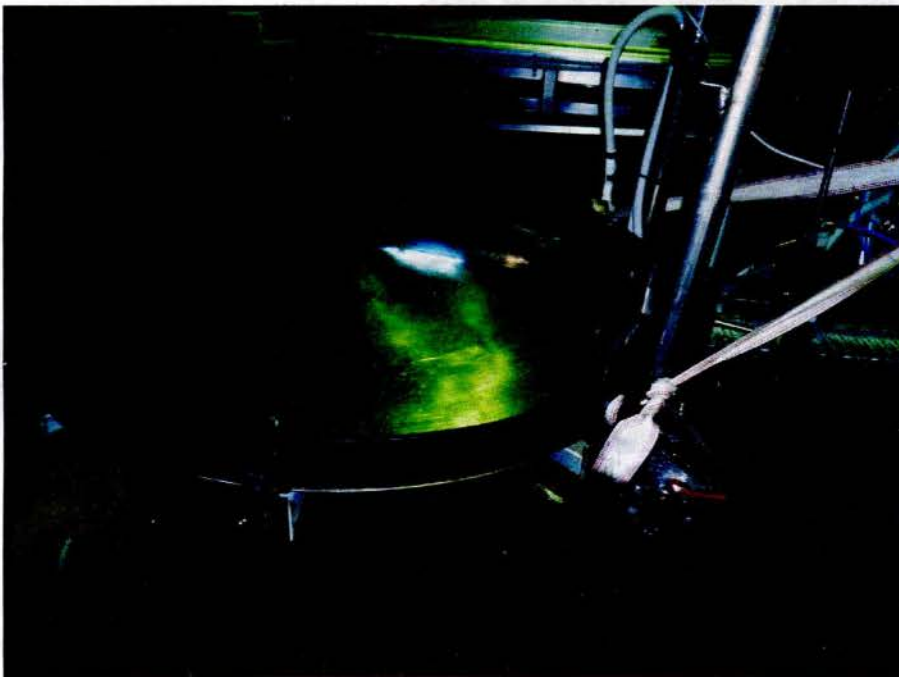
Από εκεί μέσω ενός ανυψωτικού ταινιόδρομου, μεταφέρονται σε έναν άλλο φαρδύ ταινιόδρομο, ο οποίος είναι ειδικά κατασκευασμένος ώστε να παρέχει σωστή αποστράγγιση(βλέπε εικόνα 3.2). Το νερό που αποστραγγίζεται, μεταφέρεται σε βυτία τα οποία είναι εκτός του εργοστασίου, ώστε να μεταφερθούν και αυτά με την σειρά τους σε κάποιον άλλο χώρο ανακύκλωσης.

Έπειτα, οι ελιές μεταφέρονται σε έναν άλλο ανυψωτικό ταινιόδρομο, ώστε να καταστεί δυνατή η τοποθέτησή τους στα βαζάκια.



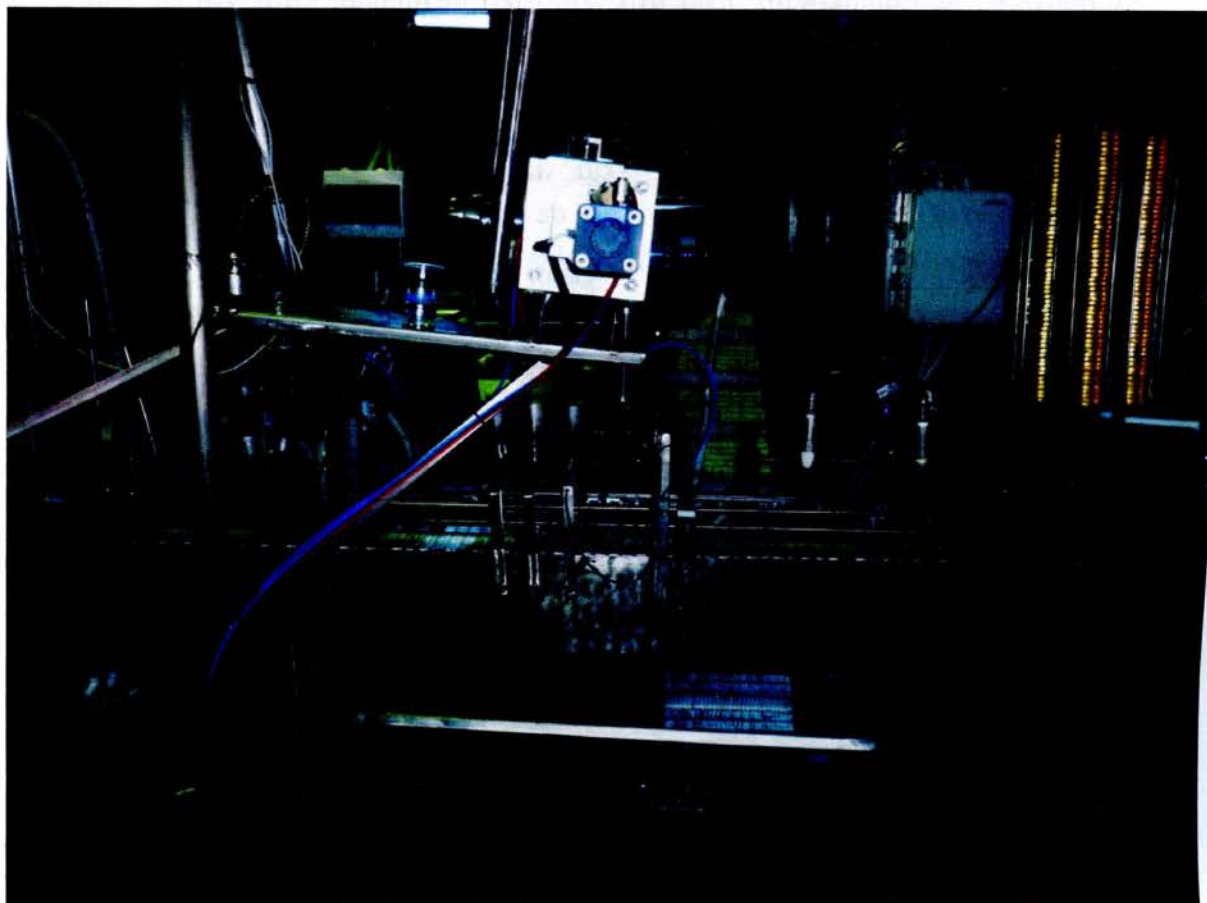
Εικόνα 3.2 Ταινιόδρομος μεταφοράς και αποστράγγισης καρπού

Στην αρχή της γραμμής παραγωγής, υπάρχει ένα περιστροφικό τραπέζι κωνικού σχήματος στο οποίο τοποθετούνται τα βαζάκια(βλέπε εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 Περιστροφικό τραπέζι συγκέντρωσης και απελευθέρωσης βάζων

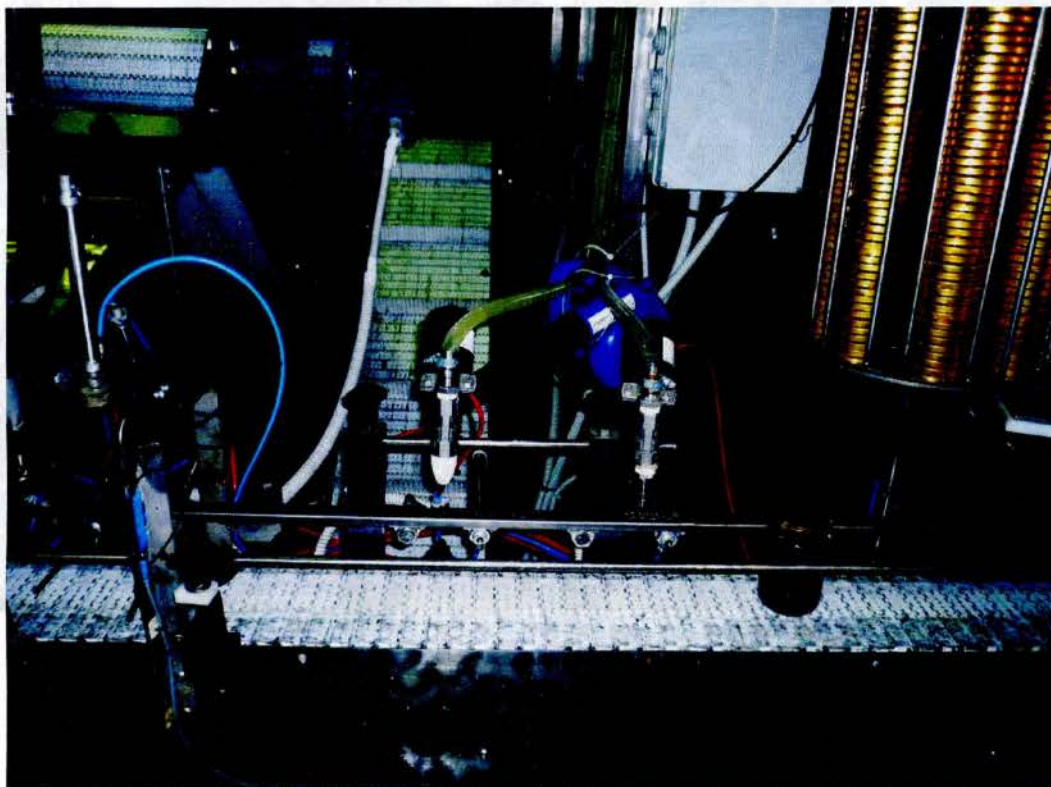
Το περιστροφικό αυτό τραπέζι, ομαδοποιεί τα βαζάκια και τα απελευθερώνει με σειρά στην γραμμή. Ένα μικρό πνευματικό έμβολο το οποίο είναι τοποθετημένο στην έξοδο του τραπεζιού, μας επιβεβαιώνει την ομαλή κίνηση των βάζων.



Εικόνα 3.38 Το πρώτο μέρος της γραμμής

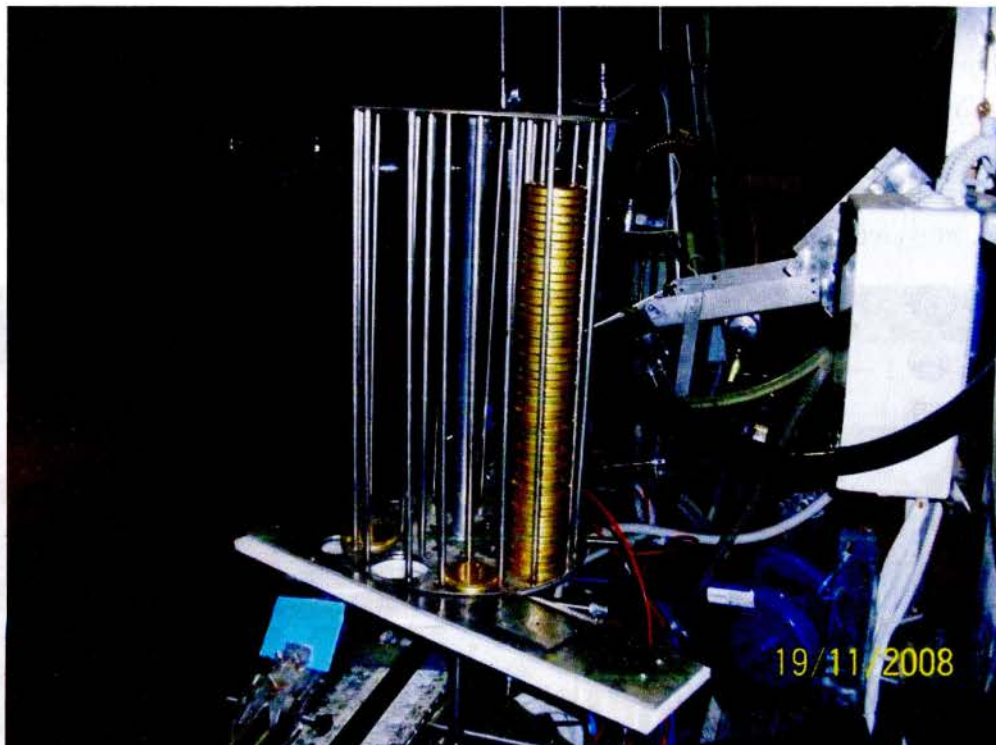
Μετά το έμβολο, είναι τοποθετημένο ένα αισθητήριο ανάκλασης αντικείμενου το οποίο βοηθάει στην καταμέτρηση των βάζων που είναι πάνω στη γραμμή. Καθώς τα βάζα κινούνται με την βοήθεια ενός ταινιόδρομου, ένας φυσητήρας εφαρμόζει υψηλή πίεση αέρα μέσα στα βάζα ώστε να απομακρυνθούν τυχόν σκόνες που μπορεί να υπάρχουν μέσα. Ένα πνευματικό έμβολο που βρίσκεται στο τέλος του γεμιστικού μηχανήματος βοηθάει τα βάζα να σταθούν στην σωστή θέση ενώ αυτά γεμίζουν. Οι χοάνες του μηχανήματος μπορούν να κατέβουν κατά 3cm, ώστε να μειωθούν οι απώλειες σε καρπό ελιάς στο ελάχιστο. Αυτό γίνεται με ένα πνευματικό εμβολο το οποίο είναι προσαρμοσμένο κάτω από τις τρεις χοάνες(βλέπε εικόνα 3.4). Για να είναι πιο εύκολο το γέμισμα και για να μην κολλάει ο καρπός της ελιάς στις χοάνες, ένα πνευματικό δονητικό μηχανήμα είναι προσαρμοσμένο στο πάνω μέρος των χοάνων. Τρία αισθητήρια λέιζερ, είναι υπεύθυνα στο να ενημερώσουν τον κεντρικό σταθμό πως τα βαζάκια έχουν γεμίσει. Το μηχανήμα επιτρέπει να γεμίζουν τρία βαζάκια ταυτόχρονα. Όταν τα βαζάκια γεμίσουν, ένα έμβολο που υπάρχει πριν το γεμιστικό μηχανήμα, εκτίνει το βάκτρο του για να εμποδίσει σε άλλα βάζα να εισέλθουν ενώ

αυτά γεμίζουν. Όταν τα βαζάκια γεμίσουν το έμβολο που βρίσκετε μετά το μηχάνημα μαζεύει το βάκτρο του και επιτρέπει στα βαζάκια να συνεχίζουν την πορεία τους πάνω στην γραμμή. Έπειτα το σύστημα περιμένει την πληροφορία από τα τρία αισθητήρια που βρίσκονται μέσα στο γεμιστικό μηχάνημα. Όταν και τα τρία βάζα απομακρυνθούν, τότε το έμβολο εξόδου εκτείνει το βάκτρο του και το έμβολο εισόδου το μαζεύει, ώστε να επιτρέψει σε άλλα βάζα να εισέλθουν και η διαδικασία να ξεκινήσει από την αρχή. Ένας φυσητήρας που βρίσκεται μετά το μηχάνημα γεμίσματος, απομακρύνει καρπούς ελιάς που μπορεί να βρίσκονται πάνω στον ταινιόδρομο. Ο καρπός συγκεντρώνεται σε έναν κουβά, που βρίσκεται στο κάτω μέρος και επιστρέφει στην αρχή της γραμμής.



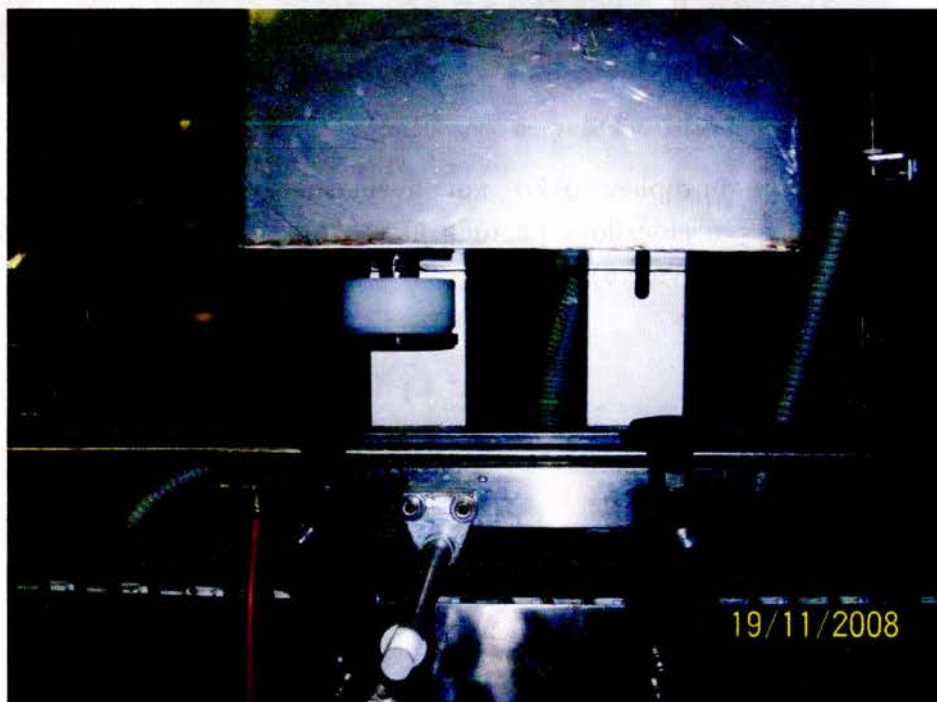
Εικόνα 3.5 Το δεύτερο μέρος της γραμμής

Τώρα που το βαζάκι έχει γεμίσει με καρπό, πρέπει να συμπληρωθούν και τα υπόλοιπα συστατικά που είναι απαραίτητα για την σωστή συντήρηση των καρπών. Όταν το αισθητήριο δει ένα βαζάκι, τότε το έμβολο εκτείνεται για να κρατήσει το βάζο κάτω από την βάννα (βλέπε εικόνα 3.5). Μια συγκεκριμένη ποσότητα διάφορων χημικών στοιχείων (συντηρητικά) εισέρχονται στο βαζάκι. Έπειτα, το έμβολο μαζεύει το βάκτρο του. Στο επόμενο στάδιο, πραγματοποιείται η ίδια διαδικασία, αλλά τώρα στο βαζάκι προσθέτεται ένα μείγμα λαδιού, νερού και αλατιού. Όταν το βαζάκι έχει γεμίσει με όλα τα απαραίτητα συστατικά προχωρεί στο επόμενο στάδιο που είναι αυτό του ταπώματος.



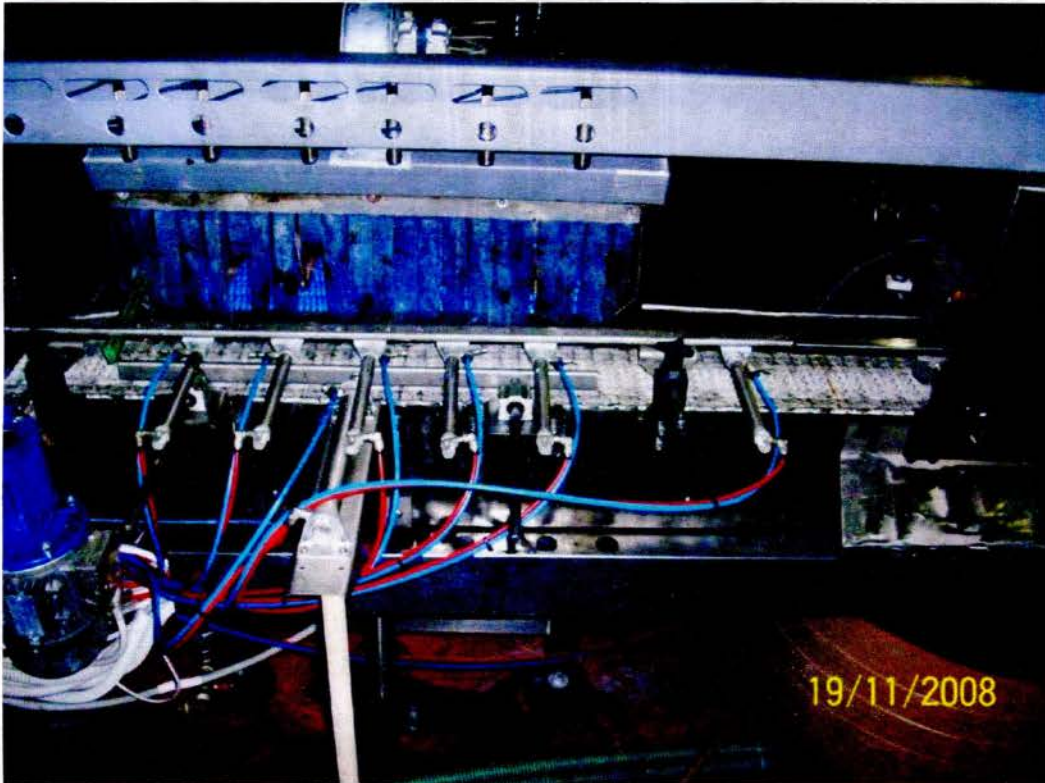
Εικόνα 3.6 Σύστημα απελευθέρωσης καπακιών

Καθώς το βαζάκι κινείται πάνω στον ταινιόδρομο, με την βοήθεια δυο μικρών ελασμάτων, τοποθετείται επάνω του το μεταλλικό πώμα(βλέπε εικόνα 3.6). Τότε το βαζάκι είναι έτοιμο να εισέλθει στο τελευταίο στάδιο που είναι αυτό του βιδώματος.



Εικόνα 3.7 Σύστημα βιδώματος καπακιών

Εδώ το βαζάκι εισέρχεται σε ένα, ειδικά διαμορφωμένο χώρο. Το βάκτρο του εμβόλου είναι καμπυλωτό, ώστε να μπορεί να εφαρμόζει τέλεια πάνω στο βαζάκι. Όταν το βαζάκι έχει εφαρμόσει καλά, τότε μια βιδωτική μήτρα κατεβαίνει με την βοήθεια πνευματικού εμβόλου και με την βοήθεια ενός ηλεκτρικού κινητήρα βιδώνει το καπάκι(βλέπε εικόνα 3.7). Τώρα το βαζάκι είναι έτοιμο να περάσει στο επόμενο στάδιο, που είναι αυτό της παστερίωσης.



Εικόνα 3.8 Σύστημα ομαλούς απελευθέρωσης βάζων

Με την βοήθεια αισθητηρίων αλλά και πνευματικών εμβόλων, τα βαζάκια ομαδοποιούνται ώστε να εισέλθουν με τάξη μέσα στους διαμορφωμένους οδηγούς του παστεριωτή(βλέπε εικόνα 3.8).



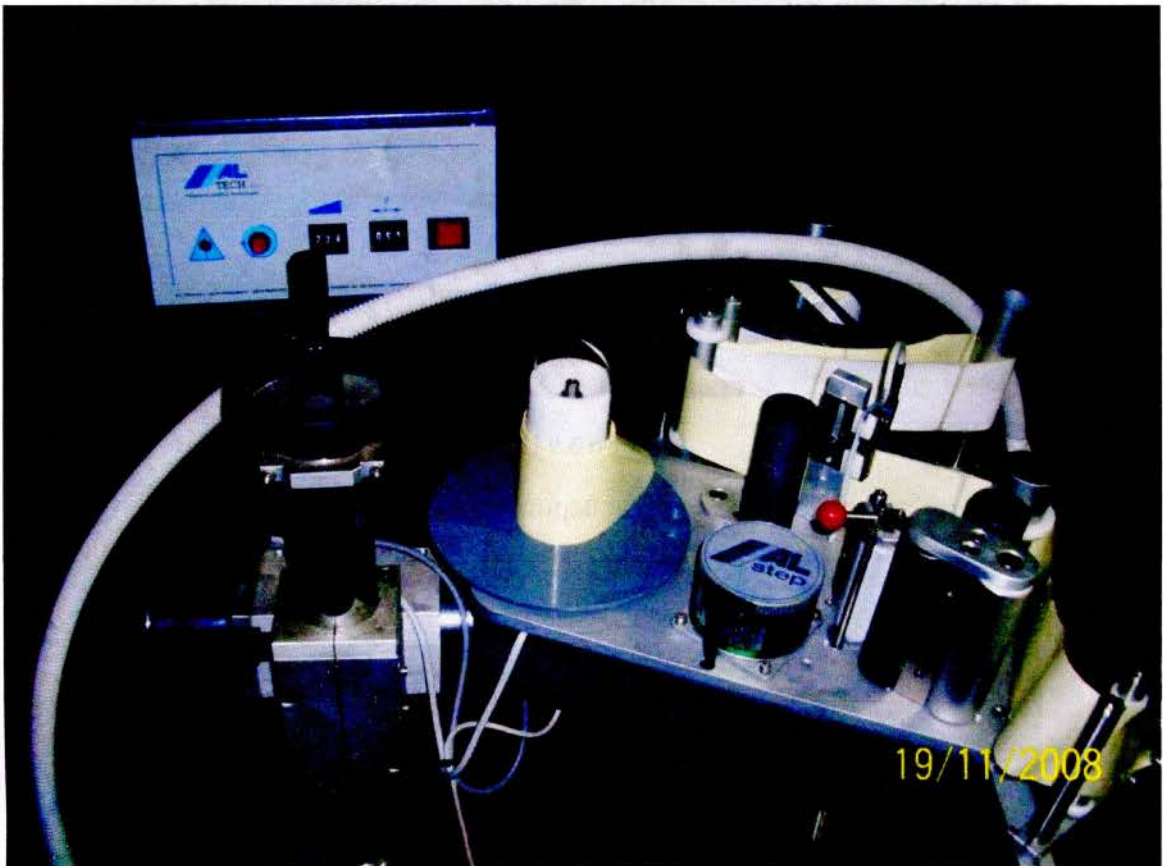
Εικόνα 3.9 Παστεριωτής

Η παστερίωση προσφέρει μια ειδική θερμική επεξεργασία στον καρπό, ώστε να μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μες στο βάζο(βλέπε εικόνα 3.9).



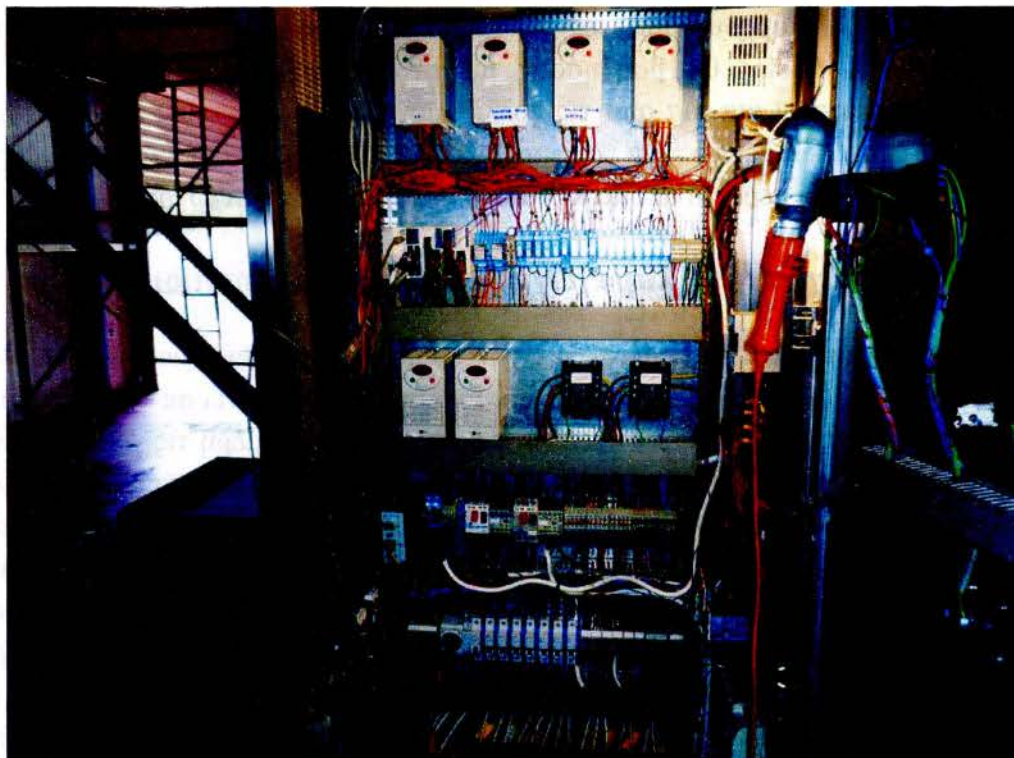
Κατά την έξοδο από την παστερίωση εισέρχονται σε έναν άλλον ταινιόδρομο(βλέπε εικόνα 3.10). Έπειτα πηγαίνουν στο τελευταίο στάδιο της γραμμής που είναι η ετικετέζα(βλέπε εικόνα 3.11).

Καθώς προχωράνε πάνω στον ταινιόδρομο, αέρας υπό πίεση πέφτει πάνω στα βαζάκια, ώστε να φύγει κάθε ίχνος υγρασίας από πάνω τους για να κολλήσει καλύτερα η ετικέτα.



Εικόνα 3.11 Η ετικετέζα

Τέλος, τα βαζάκια εισέρχονται σε ένα περιστροφικό τραπέζι, όπου εργάτες τα παίρνουν και τα τοποθετούν σε κιβώτια για την μεταφορά τους.



Εικόνα 3.12 Ο κεντρικός πίνακας

Δεν θα πρέπει να παραλείψουμε και το πιο σημαντικό μέρος της γραμμής. Αυτό είναι ο κεντρικός πίνακας της εγκατάστασης(βλέπε εικόνα 3.12). Στο πάνω μέρος του πίνακα βρίσκονται 5 inverter, τα οποία είναι υπεύθυνα για την κίνηση του ταινιόδρομου. Ο ταινιόδρομος είναι χωρισμένος σε 5 μέρη για την καλύτερη συντήρηση του. Στο δεύτερο μέρος αριστερά, βρίσκεται η καρδιά του συστήματος που είναι ένα PLC twido της telemecanique το οποίο διαθέτει . Αριστερά του, βρίσκονται ρελέδες για τις διάφορες εξόδους του συστήματος, μιας και οι απαιτήσεις σε ρεύμα είναι μεγάλες και το PLC δεν μπορεί να ανταποκριθεί από μόνο του. Στο τρίτο μέρος, βρίσκονται άλλα δυο inverter καθώς και δυο ρελέδες ισχύος που δίνουν κίνηση σε κινητήρες που δεν απαιτείται ρύθμιση των στρόφων τους. Πρόκειται για τους δύο κινητήρες των ταινιόδρομων, που κινούν τους ανυψωτικούς ταινιόδρομους στην αρχή της γραμμής. Έπειτα, ακλουθούν οι ασφάλειες για τα διάφορα μέρη της γραμμής και τέλος είναι οι πνευματικές βαλβίδες που δίνουν αέρα στα έμβολα την γραμμής.

Η γραμμή φτιάχτηκε το 2008 και από τότε έχει υποστεί πολλές μετατροπές ώστε να αυξηθεί η παραγωγή ή για να μπορέσει να δεχτεί διαφορετικού τύπου βάζα. Αυτή την στιγμή, μπορεί να συσκευάσει μέχρι και 3000 βαζάκια ημερησίως σε δυο βάρδιες του εργοστασίου. Η παραγωγή είναι σχετικά μικρή, λόγω του μεγάλου χρόνου που απαιτεί η παστερίωση. Σε περιπτώσεις πλαστικών βάζων όπου δεν απαιτείται παστερίωση, η παραγωγή μπορεί να εκτοξευτεί στα 10000 βάζα ημερησίως.

Αυτή τη στιγμή υπάρχουν μελέτες για την καλύτερη διαχείριση του χρόνου παστερίωσης, οι οποίες θα βοηθήσουν με την σειρά τους στην αύξηση της παράγωγης. Πρόκειται για μια από τις πολλές μονάδες συσκευασίας που υπάρχουν στην χώρα μας και είναι ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για το πως η αυτοματοποίηση έχει περάσει ακόμα και σε μικρές γραμμές παράγωγης.

3.3 Εξομοίωση γραμμής παραγωγής μέσω του Automation Studio

Σε αυτήν την ενότητα θα εξομοιώσουμε την παραπάνω γραμμή συσκευασίας ελιάς μέσω του προγράμματος Automation Studio. Η εξομοίωση θα γίνει σε κομμάτια όπως ακριβός λειτουργεί και η γραμμή τώρα. Δεν θα εξομοιωθούν μέρη τις γραμμής όπως είναι η ετικετέζα ή ο παστεριωτής λόγο του ότι δεν υπάρχουν τα συγκεκριμένα εξαρτήματα στις βιβλιοθήκες του προγράμματος. Τα φωτοκύτταρα τα οποία υπάρχουν κατά μήκος της γραμμής έχουν αντικατασταθεί με διακόπτες on-off για να είναι ποιο κατανοητός το τρόπο λειτουργίας της γραμμής. Χρησιμοποιηθήκαν πνευματικά εμβολα απλής ενέργειας, με επιστροφή του βάκτρου τους από ελατήριο, καθώς και εμβολα διπλής ενέργειας. Τα αισθητήρια που χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό της θέσης του βάκτρου είναι επαγωγικά αισθητήρια, και είναι αυτά που προτείνει το κατασκευαστής των εμβόλων. Στην συγκεκριμένη γραμμή τα εμβολα είναι της εταιρίας SMC όπως είναι και όλες οι βαλβίδες που χρησιμοποιηθήκαν.

Στο πρώτο μέρος της γραμμής υπάρχει ένα εμβολο ακριβός μετά την έξοδο του περιστροφικού τραπεζιού, που ελέγχει την ροή των βάζων που μπαίνουν στην γραμμή. Αυτό το εμβολο, είναι εμβολο απλής ενέργειας (βλέπε {B.1}) και όταν η βαλβίδα του ενεργοποιηθεί μαζεύει το βάκτρο του (βλέπε {B.2}). Η όλοι διαδικασία γίνεται μέσω ενός χρονικού (βλέπε {B.11}).

Το επόμενο κομμάτι της γραμμής είναι αυτό του γευστικού μηχανήματος. Αυτό το κομμάτι αποτελείται από τρία εμβολα και έξη αισθητήρια. Αρχικά το εμβολο τρία έχει το βάκτρο του έξω (βλέπε {B.3}). Για εξοικονόμηση ενεργείας έχει χρησιμοποιηθεί εμβολο που σε κατάσταση ηρεμίας έχει αυτή την ιδιότητα. Το εμβολο αυτό είναι απλής ενέργειας και επιστρέφει στην θέση ηρεμίας του μέσω ελατηρίου. Όταν τρία βάζα είναι στην θέση τους, όπου στην εξομοίωση πατάμε τους διακόπτες F2, F3, F4 (βλέπε {B.9}), το πρώτο εμβολο παίρνει εντολή να εκτίνει το βάκτρο του και το κεντρικό εμβολο κατεβάζει τις χοάνες (βλέπε {B.4}). Το πρώτο εμβολο είναι και αυτό απλής ενέργειας με επαναφορά από ελατήριο ενώ το κεντρικό εμβολο είναι διπλής ενέργειας για να προσφέρετε μεγαλύτερη ασφάλεια και καλύτερος έλεγχος. Όταν τα τρία αισθητήρια λείζερ ενεργοποιηθούν λόγο του ότι γέμισαν τα βάζα τότε το κεντρικό εμβολο επανέρχεται στην θέση ηρεμίας του (βλέπε {B.5}). Έπειτα το τρίτο εμβολο μαζεύει το βάκτρο του και απελευθερώνονται τα βάζα από το μηχανήμα. Όταν όλα τα αισθητήρια θέσης δεν βλέπουν πλέον κάποιο βάζο τότε επαναφέρουν το μηχανήμα στην κατάσταση ηρεμίας του και είναι έτοιμο να δεχτεί

καινούρια βάζα (βλέπε {B.3}). Όλος ο αυτοματισμός της παραπάνω διαδικασίας φαίνεται στο B.12 του παραρτήματος.

Το τρίτο και τελευταίο κομμάτι αποτελείται από επτά εμβολα τα οποία τοποθετούν τα βάζα στην διάταξη που θέλουμε ώστε να εισέρθουν με ασφάλεια στους οδηγούς του παστεριωτή. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.8 τα αισθητήρια είναι τοποθετημένα στο πάνω μέρος της κατασκευής. Για την εξομοίωση τα αισθητήρια έχουν αντικατασταθεί από διακόπτες on-off (βλέπε {B.10}). Αρχικά όλα τα εμβολα βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας (βλέπε {B.6}). Όταν το πρώτο βάζο φτάσει στην θέση του τότε ενεργοποιείτε το πρώτο φωτοκύτταρο, όπου στην εξομοίωση είναι το F11 (βλέπε {B.10}) και η βαλβίδα του πρώτου εμβόλου παίρνει εντολή να ενεργοποιηθεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να βγει το βάκτρο του E1 (βλέπε {B.7}). Η ίδια διαδικασία συμβαίνει και για τα υπόλοιπα τέσσερα εμβολα οδηγούς (βλέπε {B.7}). Όταν και τα πέντε εμβολα οδηγοί έχουν εκτίνει το βάκτρο τους, τότε ενεργοποιείτε η βαλβίδα K10 η οποία εκτίνει το βάκτρο του E10. Αυτό το εμβολο λειτουργεί ως δικλίδα ασφαλείας και δεν επιτρέπει σε άλλα βάζα να εισέρθουν στον χώρο κατά την διαδικασία αποφόρτισης των βάζων από τον ταινιόδρομο προς τον παστεριωτή. Έπειτα η βαλβίδα K10 ενεργοποιείτε και το εμβολο E10 αρχίζει να εκτίνει το βάκτρο του. Στην άκρη του βάκτρου του υπάρχει προσαρμοσμένος ένας οδηγός όπως βλέπουμε και στην εικόνα 3.8 που βοηθάει στην καλύτερη αποφόρτιση των βάζων (βλέπε {B.8}). Έπειτα τα εμβολα επιστρέφουν στην κατάσταση ηρεμίας τους (βλέπε {B.6}) και η διαδικασία ξεκινάει πάλι από την αρχή. Ο αυτοματισμός που απαιτείτε για αυτό το κομμάτι της γραμμής βρίσκετε στο B.13 και B.14 του παραρτήματος.

Από αυτό το σημείο και μετά δεν υπάρχει κανένα σημείο ελέγχου και ο αυτοματισμός δεν επηρεάζει σε κανένα σημείο την γραμμή. Έτσι με αυτόν τον τρόπο επιτύχαμε την εξομοίωση ενός μεγάλου μέρους της γραμμής συσκευασίας του εργοστασίου. Μέσο του προγράμματος θα μπορούμε να εξηγήσουμε σε κάποιο χρήστη τον τρόπο λειτουργίας της γραμμής, αλλά και να βρούμε αν υπάρχει κάπου κάποια παράληψη ή ακόμα και περιθώρια βελτίωσης του αυτοματισμού για την αύξηση της παραγωγής.

Παράρτημα

A. Βιβλιογραφία

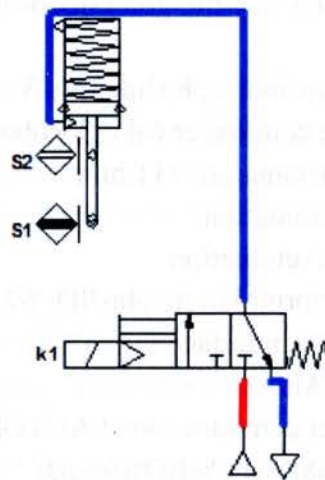
- [1] Serge berstein & Pierre milza, Ιστορία της Ευρώπης, εκδόσεις ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑ, Τόμος 2
- [2] Michel Beaud, Η ιστορία του καπιταλισμού, εκδόσεις ηλεκτρα
- [3] Ιωάννη Δ. Δημάκη, Σύνοψη της Νεώτερης Ευρωπαϊκής Ιστορίας , Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Αθήνα 2007
- [4] Serge berstein & Pierre milza, Ιστορία της Ευρώπης, εκδόσεις ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑ, Τόμος 3
- [5] Βαρθολομαίος Σιμωνίδης, Διάγνωση βλαβών και προβλεπτική συντήρηση στα υδραυλικά συστήματα, Αθήνα 2007
- [6] Αθανάσιος Τ. Ρούτουλας, Υδραυλικά-Πνευματικά Συστήματα Εφαρμογές, Εκδόσεις Εμμανουηλίδης, 2003
- [7] Φιλήμονος Χρ. Σκιτιδίδη, Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου και προγραμματισμός εργαλειομηχανών CNC, Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2000
- [8] Τσικούρη Σακελλαρίου, Μελέτη κατασκευή και έλεγχος συστήματος αεροδυναμικής αιώρησης ελαφρών σωμάτων, Πάτρα 2011
- [9] Γιαντζούδης Σωτήρης, Λαγουδάκος Μιχαήλ, Μπινιάρης Αθανάσιος, Ηλεκτρικές Μηχανές, Εκδόσεις ΟΕΔΒ
- [10] Κωνσταντίνος Αλαφοδήμος, Σημειώσεις θεωρίας για το μάθημα "Έλεγχος Παραγωγικών Διεργασιών", Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά
- [11] Χ. Οικονομάκος, Σημειώσεις θεωρίας για το μάθημα "Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου", Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Χαλκίδας
- [12] Γιώργος Παν. Αρβανίτης, Ολοκληρωμένο Σύστημα Εποπτείας και Ελέγχου Ηλεκτρικών Μηχανών, Αθήνα 2005

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

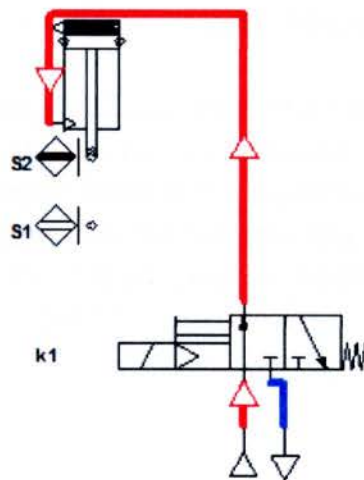
- [w1] www.eyewitnesstohistory.com/ford.htm
- [w2] www.investopedia.com/terms/h/heavy_industry.asp#axzz1jT9n3Lue
- [w3] lennybriox.y.hubpages.com/hub/history-of-hydraulic-systems
- [w4] www.cncci.com/resources/articles/what%20is%20cnc.htm
- [w5] en.wikipedia.org/wiki/Cnc
- [w6] en.wikipedia.org/wiki/Light_industry

- [w7] www.tm.teicrete.gr/Portals/23/Shmeioseis/tecnologia%20elenxou/texn.elenxou.k ef3.pdf
- [w8] en.wikipedia.org/wiki/Electric_motor
- [w9] www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=100
- [w10] www.robots.com/robot-education.php
- [w11] <http://www.zenon.gr/articles/126-the-greek-food-industry-invests-in-the-end-of-line-automation.html>
- [w12] www.plant-management.gr/index.php?id=14943
- [w13] www.multilingualarchive.com/ma/enwiki/el/Robot_welding
- [w14] www.neo.gr/website/ergasiamathiti/111.htm
- [w15] en.wikipedia.org/wiki/Automation
- [w16] wikipedia.qwika.com/en/Automation
- [w17] www.metadosi-ischios.gr/printArticle.php?ID=69
- [w18] en.wikipedia.org/wiki/User_interface
- [w19] el.wikipedia.org/wiki/SCADA
- [w20] www.sciencedownload.net/demodownload/AUTOMATION_STUDIO%E8%8B%B1%E6%96%87%E5%90%8D%E5%BD%95.pdf

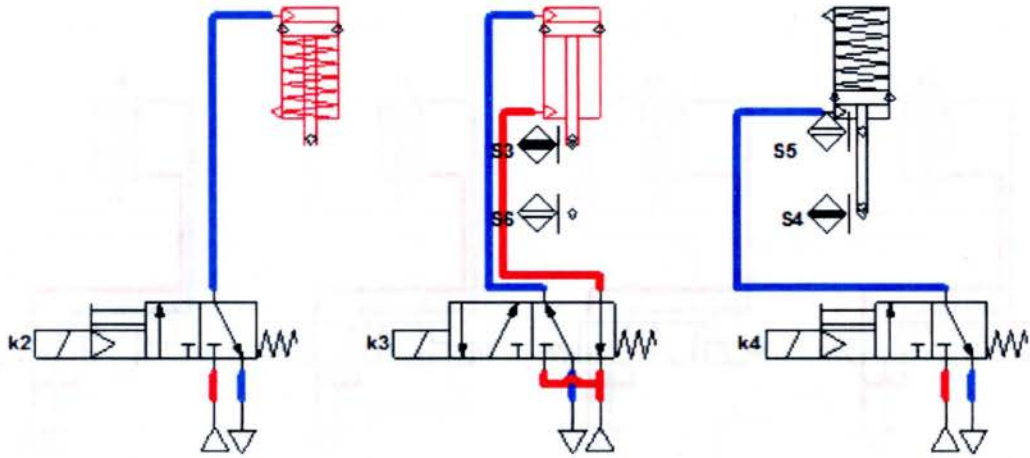
B. Automation Studio



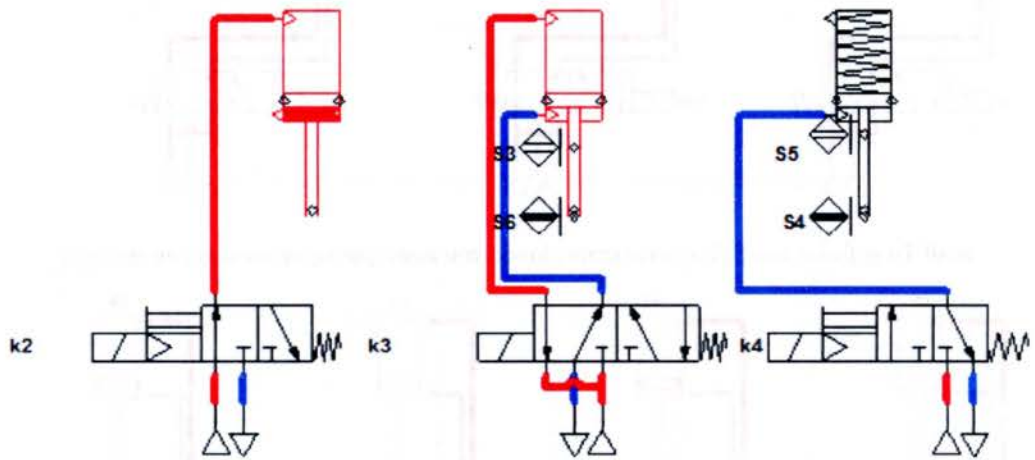
B.35 Εμβολο το οποίο είναι τοποθετημένο μετά την έξοδο του περιστροφικού τραπέζιού σε κατάσταση ηρεμίας



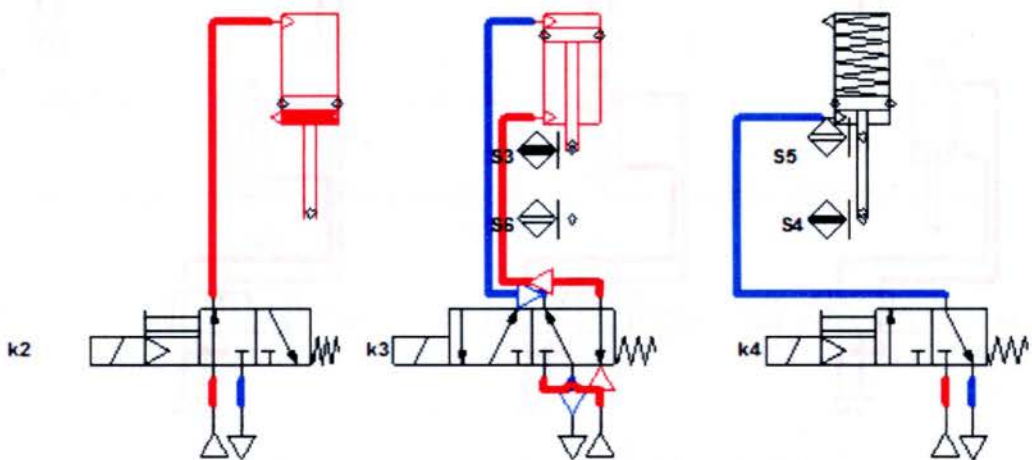
B.36 Το ίδιο εμβολο όταν έχουμε δώσει εντολή να απελευθερώσει βάζο



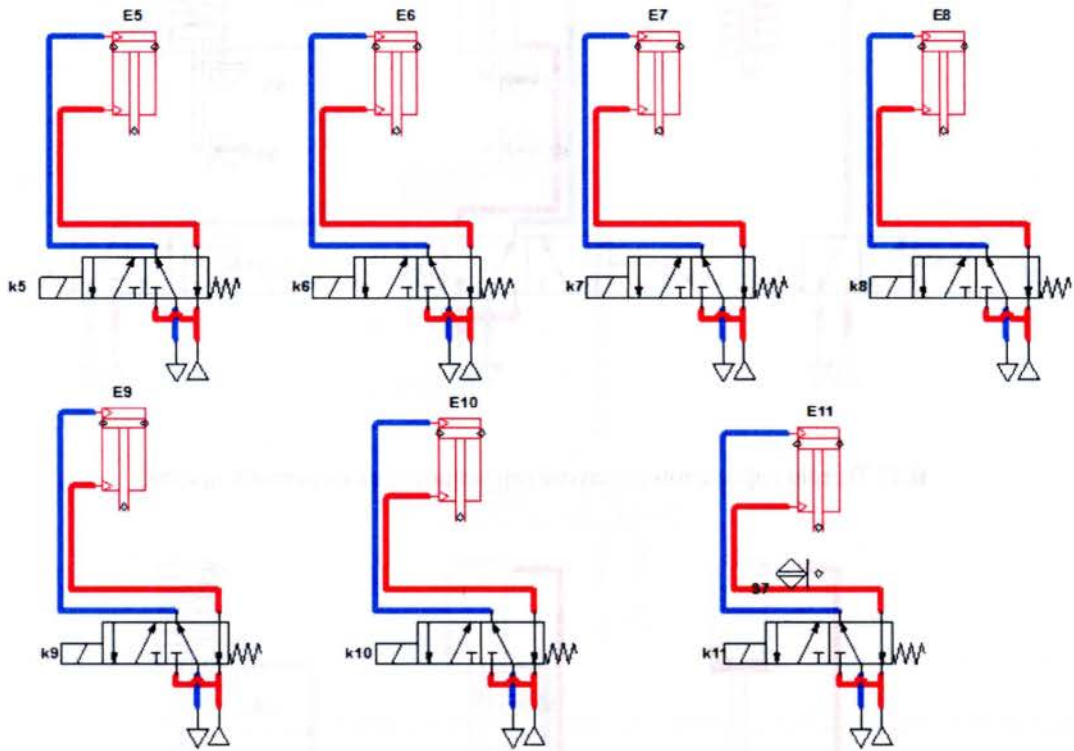
B.37 Τα τρία εμβόλα του γευστικού μηχανήματος σε κατάσταση ηρεμίας



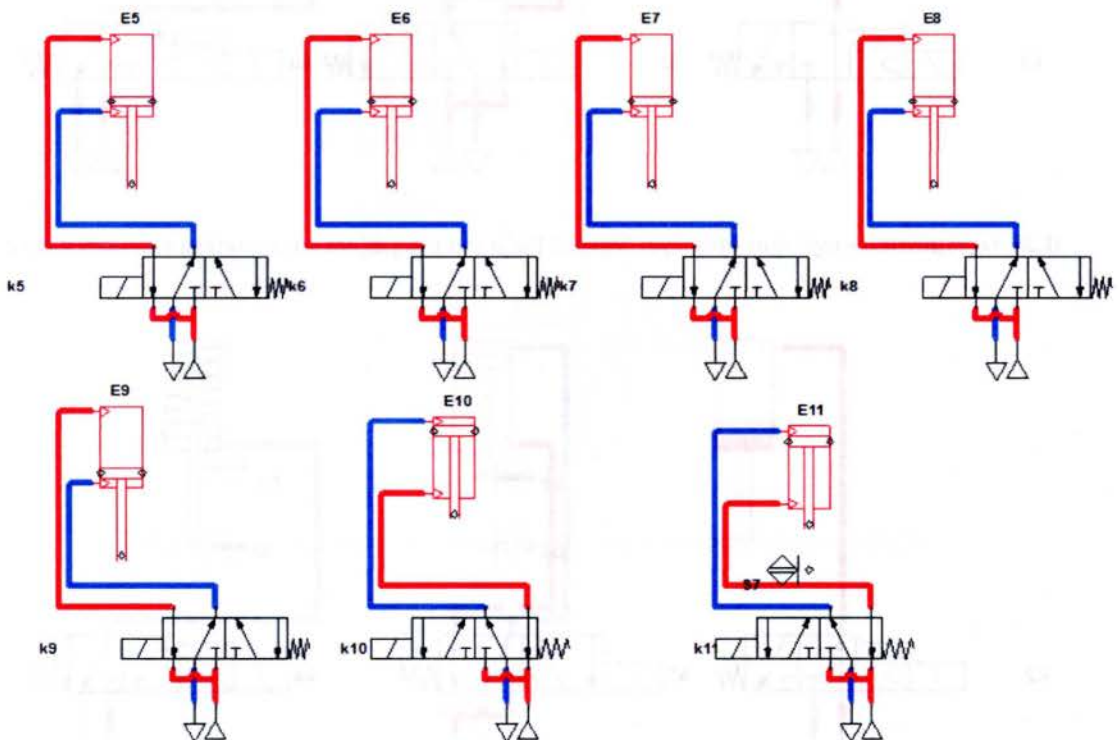
B.38 Το γεμιστικό μηχανήμα όταν έχει δεχτεί 3 βάζα και ετοιμάζεται να απελευθερώσει τον καρπό



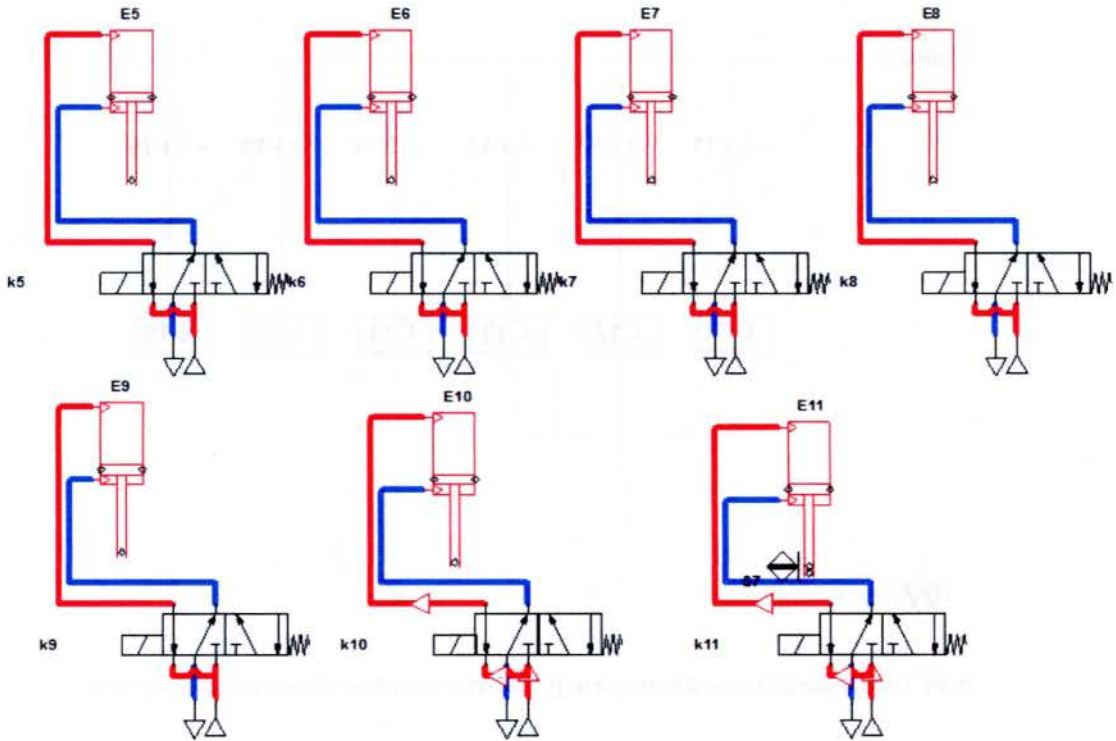
B.39 Το γεμιστικό μηχανήμα όταν έχουν γεμίσει τα βαζάκια



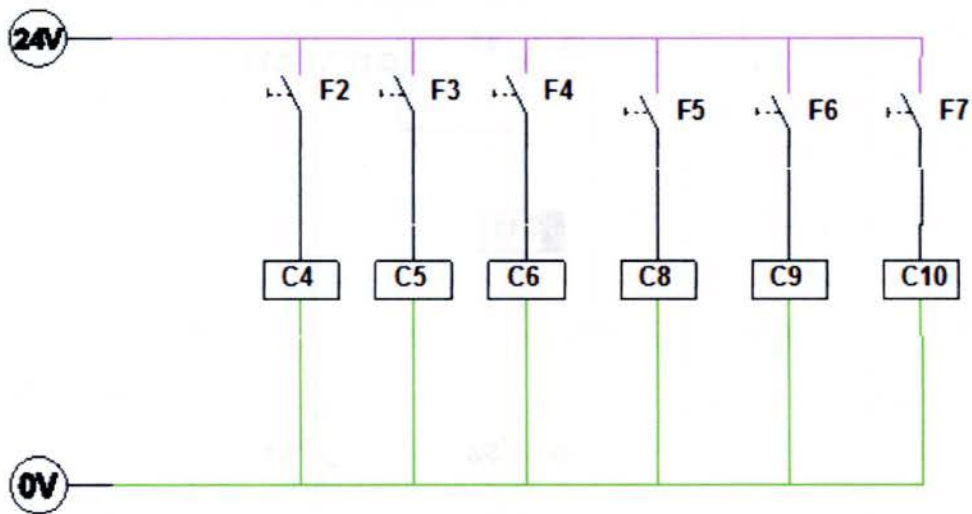
B.40 Τα εμβολα που βρίσκονται στην είσοδο του παστεριωτή σε κατάσταση ηρεμίας



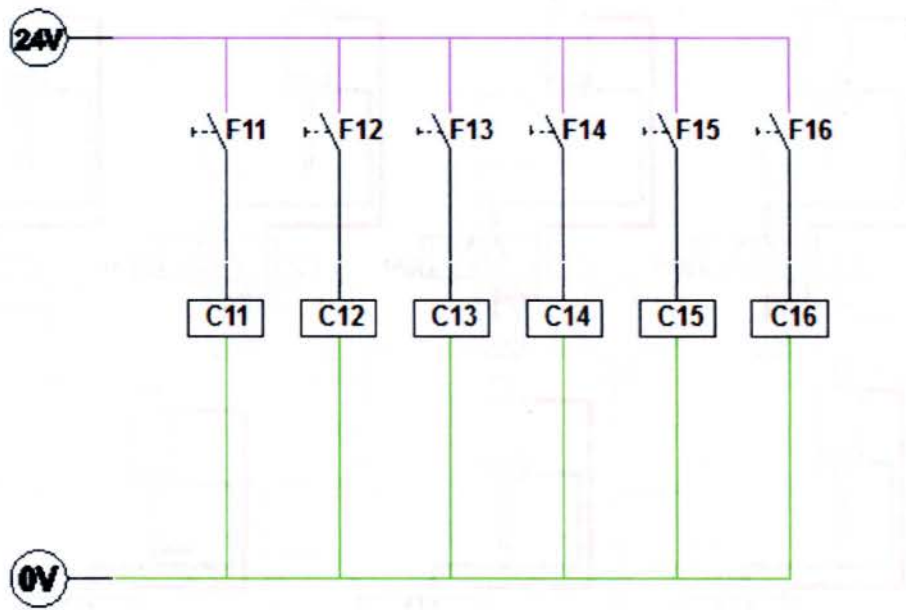
B.41 Τα εμβολα όταν έχουν ενεργοποιηθεί οι 4 οδηγιοί



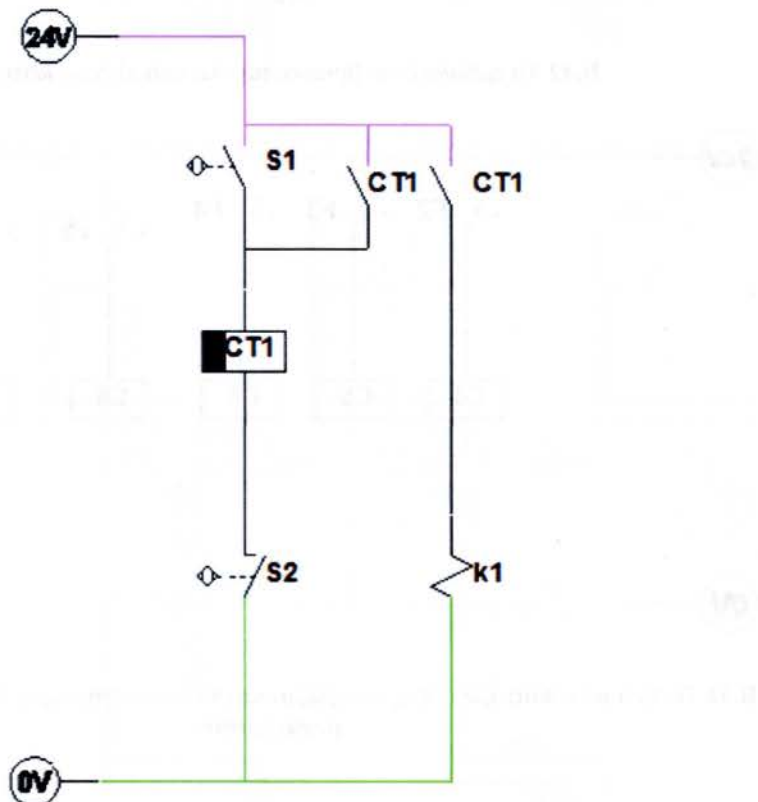
B.42 Τα εμβολα όταν βρίσκονται όλα υπό πλήρους λειτουργία



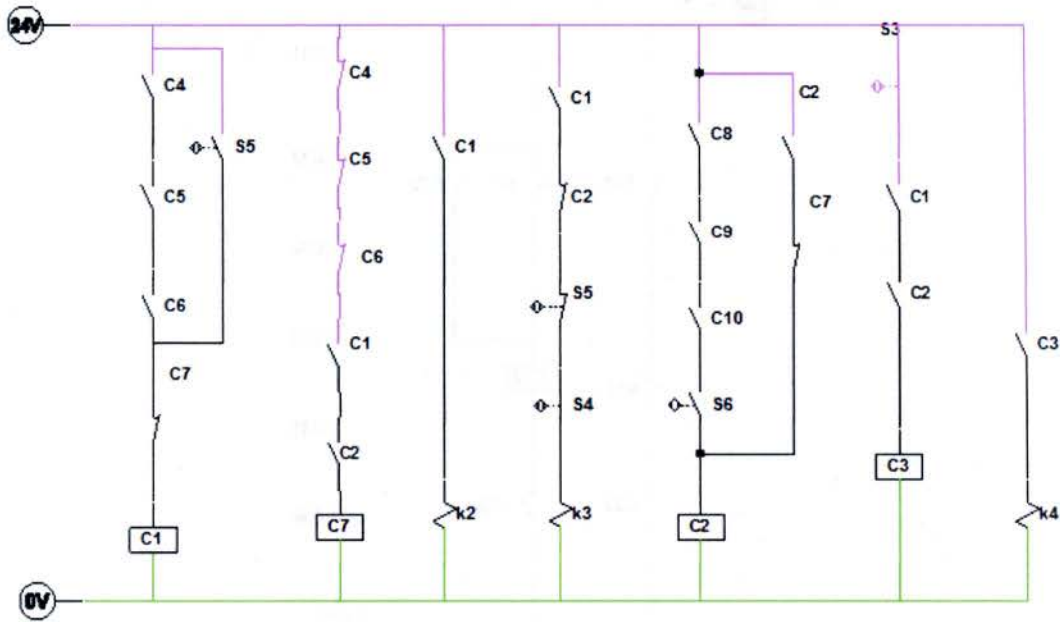
B.43 Τα τρία φωτοκύτταρα θέσης των βάσεων και τα τρία αισθητήρια λέιζερ του γευστικού μηχανήματος



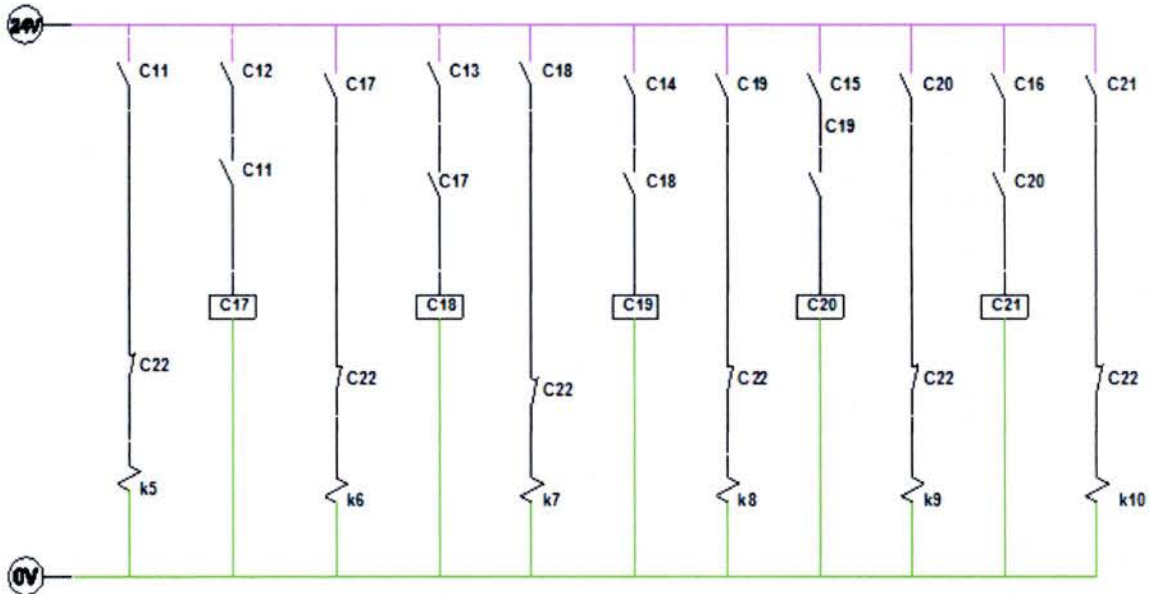
B.44 Τα έξι φωτοκύτταρα θέσης που βρίσκονται πριν την είσοδο του παστεριωτή



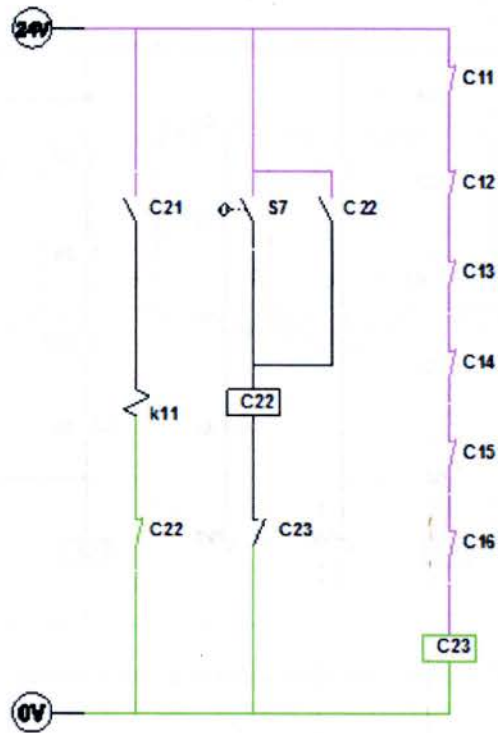
B.45 Ο αυτοματισμός που απαιτείτε για το εμβολο εξόδου του περιστροφικού



B.46 Ο αυτοματισμός για το γεμιστικό μηχάνημα



B.47 Το πρώτο μέρος του αυτοματισμού των εμβόλων πριν τον παστεριωτή



B.48 Το δεύτερο μέρος του αυτοματισμού